



EESTI MAAÜLIKOOL

Tehnikainstituut

Veiko Ilumäe

**NELJANDA VAHUTOOTMISLIINI
REKONSTRUEERIMINE**

RECONSTRUCTION OF 4TH FOAM PRODUCTION LINE

Magistritöö

Tootmistehnika õppekava

Juhendaja: professor Jüri Olt, DSc

Tartu 2018

Eesti Maaülikool Kreutzvaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Veiko Ilumäe		Õppekava: Tootmistehnika	
Pealkiri: Neljanda vahutootmisliini rekonstrueerimine			
Lehekülgi: 71	Jooniseid: 20	Tabeleid: 6	Lisasid: 12
<p>Osakond: Biomajandustehnoloogiate õppetool</p> <p>Uurimisvaldkond:</p> <p>ETIS-e teadusvaldkond: 4. Loodusteadused ja tehnika</p> <p>ETIS teaduseriala: 4.14.Tootmistehnika ja tootmisjuhtimine</p> <p>CERCS teaduseriala: T130 Tootmistehnoloogia</p> <p>Juhendaja(d): professor Jüri Olt, DSc</p> <p>Kaitsmiskoht ja –aasta: Tartu 2018</p>			
<p>Käesoleva magistritöö eesmärk oli parandada aerosoolvahtude tootmisliini suutlikkust ja tootlikkust. Töös muudeti ümber tootmisliini layout ja lisatakse juurde vajalikke seadmeid. Täiendavalt keskendus autor Jaapani autotööstuses väljatöötatud SMED meetoodika rakendamisele tootmises. Autor saavutas senise 52 minuti asemel tootevahetuse kestvuseks 11 minutit ning kõikide eelduste kohaselt on seda võimalik veelgi parandada.</p>			
Märksõnad: Lean, 5S, SMED, tootevahetus			

Estonian University of Life Sciences Kreutzvaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Autor: Veiko Ilumäe		Speciality: Production Engineering	
Pealkiri: Reconstruction of 4th foam production line			
Pages: 71	Figures: 20	Tables: 6	Appendixes: 12
Department: Chair of Biosystems Engineering 4. Natural Sciences and Engineering; 4.14 Industrial Engineering and Management CERCS: T130 Technics and Technology Supervisors: prof. Jüri Olt, DSc Place and date: Tartu 2018			
The aim of this Master's thesis was to improve the capacity and productivity of aerosol foam production line. The practical solution changed the production layout and necessary equipment were added. In addition, the author focuses on the implementation of the SMED methodology developed in the automotive industry in Japan. As a result of the solution, the product exchange takes 11 minutes instead 52 minutes before. It's predicted to have more impact with further improvement.			
Keywords: Lean, 5S, SMED, product exchange			

SISUKORD

TÄHISED JA LÜHENDID	6
SISSEJUHATUS	8
1. TIMMITUD TOOTMISE FILOSOOFIA	10
1.1 Timmitud tootmise ajalugu ja filosoofia	10
1.2 Just-In-Time tootmissüsteem	11
1.3 SMED meetod	13
1.4 SMED metoodika mõistmiseks vajalikud teadmised	14
1.5 SMED rakendamise etapid	17
1.6 Tegevusplaani koostamine	17
1.7 SMED analüüs	21
2. KRIMELTE OÜ TOOTMINE	23
2.1 Ettevõtte lühitutvustus	23
2.2 Tootmine Krimelte OÜ-s	23
2.3 Aerosoolvahtude tootmine	25
2.4 Toodang	28
2.5 Tootmise olukord enne parendustegevusi	29
3. NELJANDA VAHUTOOTMISLIINI REKONSTRUEERIMINE	31
3.1 Tootmisliini ümberkorraldused	31
3.2 SMED'i rakendamine	39
3.3 Vaatlemisobjekti valik ja tegevusplaan	39
3.4 SMED pilootprojekti eesmärk	40
3.5 SMED meeskonna liikmete valik	40
3.6 Ümberseadistuste dokumenteerimine	40

3.7	Seadistamisel tehtud tegevuste detailne analüüs.....	41
3.8	Kohene kordusanalüüs	42
4.	TULEMUSTE ANALÜÜS	43
4.1	Tootevahetuse tulemus SMED'ga	43
4.2	Toodangu valmistamise kulu	44
	KOKKUVÕTE	51
	SUMMARY	53
	KASUTATUD KIRJANDUS	55
	LIHTLITSENTS.....	57
	LISA 1. Tootmisüksuste A ja B layout	59
	LISA 2. Neljanda vahutootmisliini layout.....	60
	LISA 3. Esmane tootevahetuse mõõdistusprotokoll.....	61
	Lisa 4. Esmane tootevahetuse operatsiooniaegade graafik	62
	Lisa 5. SMED'i operatsiooniaegade graafik	63
	LISA 6. SMED'töögrupi protokoll.....	64
	LISA 7. SMED'i tootevahetuse mõõdistusprotokoll.....	65
	LISA 8. Tootevahetuse standardtöö kaart (SOP)	66
	LISA 9. Tootevahetuse standardtöö spageti diagram.....	67
	LISA 10. 5S auditi protokoll (30.04.2018).....	68
	Lisa 11. Vahuliinide iga vahetuse koristusgraafik	69
	Lisa 12. Neljanda liini koristusalade jaotus.....	70

TÄHISED JA LÜHENDID

Tähised

e_v – tööjõu erikulu vahupudeli kohta

k_{tk} – töökäskude arv perioodil

K_{t4} – neljanda tootmisliini tootmistöötajate ja sellega seotud inimeste palgakulu

m_s – suure mikseri maht

m_v – väikese mikseri maht

n – vahupudelite arv

n_k – liini tootlikkus kuus

n_{tk} – keskmine töökäsu suurus

n_{tv} - tootevahetuste arv vahetuses

n_v – vahetuste arv ööpäevas

T – pudelite täitmisele kuluv aeg

t – vahetuse kestvus

t_p – tööpäevade arv kuus

t_r – liini remondi aeg

t_{rk} – tehniliste seisakute summaarne aeg

t_s – liini seadistamise aeg

t_{sk} – seadistamise summaarne aeg

t_t – vahupudelite tootmise aeg

t_{tk} – vahupudelite tootmise summaarne aeg

W – tootlikkus

Lühendid

Blend	– polüoolide ja lisandite segu
EG	– Easy Gun
JIT	– ingl. Just In Time – täppisajastus
Kaizen	– pideva parendamise kontseptsioon
Kanban	– signaliseerimissüsteem
LEAN	– kulusäästlik tootmissüsteem
MDI	– metüleen difenüül disotsüanaat
OEE	– ingl. Overall Equipment Effectiveness – tootmiseseadmete tõhususe näitaja;
SMED	– ingl. Single Minute Exchange of Dies – tootevahetus minutiga;
SOP	– ingl. Standard Operation Procedure – standardsete tegevuste operatsioonide kaart, kus on paika pandud tegevuste järjekord ja nominaalne kestvus.
Spageti diagramm – ingl. Spaghetti Chart – operaatori liikumiste visuaalne kaart;	
TT	– timmitud tootmine
5S	– viis S-i töökoha korrashoidmiseks, milleks on: sorteer, sead korda, sära, standardiseeri, säilita;
7 MUDA	– seitse raiskamist, milleks on: transport, liigne laoseis, liikumine, ootamine, ületootmine, ületegemine, praak tooted

SISSEJUHATUS

Ettevõtted, kes tahavad tegutseda nii Eesti kui ka rahvusvahelistel turgudel peavad olema igati innovaatilised ja ühtlasi on nad ka väga tihedas konkurentsisis. Innovaatilisuse all pean siinkohal silmas eelkõige kiiret kohanemisvõimet turusituatsiooniga. Kuna turg on pidevas muutumises, materjalide hinnad ja palgatase pidevalt tõusevad, siis sellest hoolimata peab ettevõtte suutma hoida oma tootmist konkurentsivõimelisena. Ka Eestis hakatakse järjest enam aru saama, et ettevõtte on seda enam konkurentsisis, mida kiiremini ta suudab oma tootmise kohandada vastavalt turu nõudlusele ja kindlasti viimane, mida täna ükski tööandja teha tahaks, on kohandumine töövõtjate arvelt.

Tootmise võimekuse säilitamiseks ja parandamiseks on vaja investeerida seadmetesse, et tagada efektiivsus, on vaja investeerida inimestesse ja protsessidesse. Selleks on juba aastakümneid väljatöötatud ja parendatud erinevaid juhtimisteooriaid ja metoodikaid ning mida on ka suuremal või vähemal määral kasutusele võetud: ISO 9001 kvaliteedijuhtimissüsteem, *Lean production* – timmitud tootmine, *Six Sigma* – kuus sigmat jne.

Käesolevas töös keskendub autor aerosoolvahtude tootmisliini tootmisnäitajate parandamisele, milleks kasutab timmitud tootmise tööriista – SMED (ingl. *Single Minute Exchange of Dies*). Uurimise käigus käsitleb autor nii teoreetilisi põhimõtteid kui ka nende praktilist rakendamist. Töö praktiline eesmärk on parandada tootmisliini ümberseadistuste töövõtteid ja vähendada tööajakulusid.

Magistritöö teema olemus, aga ka probleem seisneb selles, et lähtudes turunõudlusest aina väiksemate partiide ja suurema tootenomenklatuuri järele on suured lisadeta lihtsad tooteseeriad asendunud keeruliste ja väikeste partiidega. Kusjuures turul saab tellimuse see, kes suudab tellimuse täita kiirelt ja kvaliteetselt ning ilma raiskamisteta. Seetõttu peab olema ettevõtte suuteline tegema päevas mitmeid tootevahetusi, kuid senised tootevahetusekiirused ei võimalda pikas perspektiivis kasumlikkust.

Olukorras, kus ettevõtte oli otsustanud viia ühe tootmisliini teise riiki, täpsemalt Venemaa tootmisüksusesse, oli vaja muuta Eestis tootmine selliselt, et oleks üheaegselt täidetud nii võimekus toota erinevaid tooteid kui ka efektiivsus, et minimeerida tootmises ettevalmistusajad. Töö konkreetseks eesmärgiks oli muuta neljanda vahutootmisliini nii, et oleks tagatud erinevate toodete sujuv valmistamine algusest lõpuni ja koos timmitud tööriistade kasutusele võtuga vähendada tootevahetusaeg 52-lt minutilt 10-le minutile. Püstitatud eesmärgi realiseerimiseks oli vaja teostada järgmist:

- 1) muuta ümber tootmisliini layout selliselt, et oleks võimalik toota erinevaid tooteid;
- 2) uurida timmitud tootmise metoodikaid;
- 3) jälgida ja analüüsida operaatorite tegevusi tootevahetustel;
- 4) töötada välja läbi timmitud tootmise tööriistadele parendustegevused ja kehtestada tootevahetuse standardtöö
- 5) analüüsida ja hinnata saavutatud tulemust.

Magistritöö koosneb neljast peatükist, mis on jagatud teoreetiliseks ja empiiriliseks osaks. Esimeses peatükis annab autor ülevaate timmitud tootmise tööriistadest ja tekkeajaloost, keskendudes eelkõige SMED filosoofia kasutamisele. Peatüki lõpus annab autor ülevaate tellimuspõhise tootmise olemusest. Teoreetilise osa koostamisel on autor kasutanud nii eesti kui ka inglise keelset erialakirjandust ja samuti läbi erinevate praktikate ja koolituste kasutatud koolitusmaterjale.

Teises peatükis annab autor ülevaate ettevõtte tootmisest ja tootmiskorraldusest, kus teostati probleemi praktiline käitlemine. Üldine ülevaade on kõikide aerosoolvahtude tootmisliinide kohta, kuid põhiliselt uuritakse käesolevas magistri töös neljanda tootmisliini seadmeid ja tootmisvõimekust.

Kolmandas peatüki esimeses osas käsitleb autor neljanda tootmisliini parendustegevusi - esmalt tootmisliini ümberehituse s.h seadmetesse investeeringuid. Teises osas tutvustab autor timmitud tööriista – SMED'i rakendamise protsessi neljandal tootmisliinil.

Neljandas peatükis analüüsib autor kasutuselevõetud meetodite tulemusi ja rakenduste iseärasusi. Arvutab eraldi välja toote valmistamise tööjõumaksumuse nii enne kui ka pärast parendustegevusi ning annab omapoolse hinnangu tehtule.

1. TIMMITUD TOOTMISE FILOSOOFIA

1.1 Timmitud tootmise ajalugu ja filosoofia

Timmitud tootmine (ingl. *Lean Production*) on algselt Jaapanist alguse saanud tootmise juhtimissüsteemide filosoofia, mida on hakatud järgima viimasel paaril kümnel aastal ka teistes riikides. Terminit „*Lean Production*“ on proovitud tõlkida eesti keelde kui „paindlik tootmine“ kui ka „kulusäästlik tootmine“, aga nendest terminites on kasutusele jäänud „timmitud tootmine“, sest see kirjeldab kõige paremini antud metoodika sisu. Timmitud tootmine (TT) kujutab endast protsessi, mille käigus üritatakse pidevalt täiustada oma tegevusi, et vähendada kulusid, tõsta kvaliteeti ja lühendada tarneaegu. Samuti on selle teooria eripäraks töötajate kõrgem motiveeritus ja ettevõtte suurem loovus [18].

Timmitud tootmise eesmärk on vähendada igasuguseid tootmiskulusid, pakkudes seejuures kõrge kvaliteediga laia tootevalikut. Igasugune tegevus, mis ei anna tootele või ka teenusele otsest lisandväärtust nimetatakse raiskamiseks (*waste*). Jaapani keeles tähendab raiskamine muda, selle termini seitse kategooriat defineeris Toyota insener Taiichi Ohno järgmiselt [17]:

- 1) ületootmine – kus tootmine ületab nõudlust;
- 2) ootamine – aeg, mis ~~on~~ toimub enne järgmist tootmisprotsessi või ümberseadistuse ajal;
- 3) logistika – mittevajalike materjalide või seadmete transport tootmisüksuste vahel;
- 4) ületöötlemine – täiendav tegevus, mis tuleneb kehvadest töövahenditest või töövõtetest ning puudulikust tootedisainist;
- 5) laoseis – lisa laovarude, mis ületab miinimumlaoseisu;
- 6) mittevajalik liikumine – (lisa)liikumine, mida töötajad teevad töö ajal;
- 7) defektsed detailid – tooted, mille avastamine ja parandamine nõuab lisaressurssi.

Kindlasti on „raiskamise“ liigutusi veel ja kindlasti ei käi kõik ainult tootmise kohta, vaid need eksisteerivad ka muudes valdkondades. Timmitud mõtteviisi saab kasutada mistahes ettevõttes ja see ei pea olema alati seotud tootmisega, ehk siis võib järeldada, et muda eksisteerib igasugustes valdkondades ja seda on võimalik vähendada kasutades timmitud tootmise filosoofiat [16].

Tootmisettevõtte edu ja konkurentsivõime võti seisneb selles, kui efektiivselt on korraldatud tootmisprotsessid. Põhiprintsiibid, mida hakati Toyota tootmissüsteemis jälgima [1]:

- 1) operatiivselt reguleerida toodangu nomenklatuuri ja mahtu, et kohaneda igapäevase nõudluse kõikumisega;
- 2) tagada toodangu stabiilne kvaliteet igas tootmisloigus;
- 3) aktiveerida inimfaktorit, sest inimene loob ja teenindab süsteeme.

Just nende põhiprintsiipide edukaks lahendamiseks on Jaapani tootmisinsenerid väljatöötanud mitmeid tootmistehnikaid, s.h Just-In-Time tootmissüsteem ja ka SMED meetod.

1.2 Just-In-Time tootmissüsteem

JIT – täppisajastus ehk täpselt ajastatud tootmissüsteem on välja kujunenud timmitud tootmise mõtteviisist, mida hakati samuti arendama Jaapanis peale teist maailmasõda. Lääne maailm avastas selle süsteemi enda jaoks alles eelmise sajandi viimastel kümnenditel, kui avastati selle süsteemi eelised ja tugevused võrreldes lääne masstootmise süsteemidega. Algselt tekkis arusaam, et JIT metoodika seisneb laoseisu kontrollsüsteemis, kuid tegelikult on täpselt ajastatud tootmissüsteem palju enamat.

JIT on operatsioonide mõtteviis, mis püüab maksimeerida efektiivsust ja elimineerida igasugu raiskamist, mõjutades sellega kõiki organisatsiooni üksuseid, s.h ostmist, arendust, turustamist, personali, kvaliteedi kontrolli ja isegi tarnijate ning klientide suhtlust ettevõttega. [15] Sellest definitsioonist võib järeldada, et JIT on osa timmitud mõtteviisist, sest mõlemate eesmärk on raiskamiste vähendamine.

JIT on kui programm, millega kindlustatakse, et õigel ajal ostetakse või toodetakse õigeid koguseid vältides sealjuures raiskamist [4; 5]. Sellist lähenemist iseloomustavad tehnoloogial ja tegevusprintsiipidel põhinevate vahendite kogu, mis võimaldavad tegevuse käigus süsteemselt avastada protsessist kõrvalekaldeid ja neid ka koheselt lahendada. Ehk täpselt ajastatud tootmissüsteemi toimimiseks on vaja koostada kindel tegevusplaan, mille püstitatud eesmärkidest kinnipidamiseks on vaja seda rangelt täita.

Klassikalises tootmises on tootmisetapid üksteisest eraldatud lõpetamata toodangu varudega ehk puhvritega, mis tähendab, et erinevad etapid on üksteisest sõltumatud. JIT tootmisviis püüab vältida tootmisetappide vahelisi puhvreid – toimetades toodangu järgmisse etappi just siis kui seda vajatakse. Kui nüüd kusagil peaks tekkima probleem ehk eesmärgist kõrvalekaldumine, siis on see kohe kõigis etappides näha ja ühtlasi on see ka kõigi üksuste ühine probleem. Probleemide ehk kõrvalekallete ilmnemisel on võimalik nende kohene avastamine ja likvideerimine ning ühtlasi välditakse defektse toodangu puhvritesse tootmist.

JIT tootmissüsteemi ideaalseks toimimiseks on vaja rakendada järgnevaid meetmeid [1; 6]:

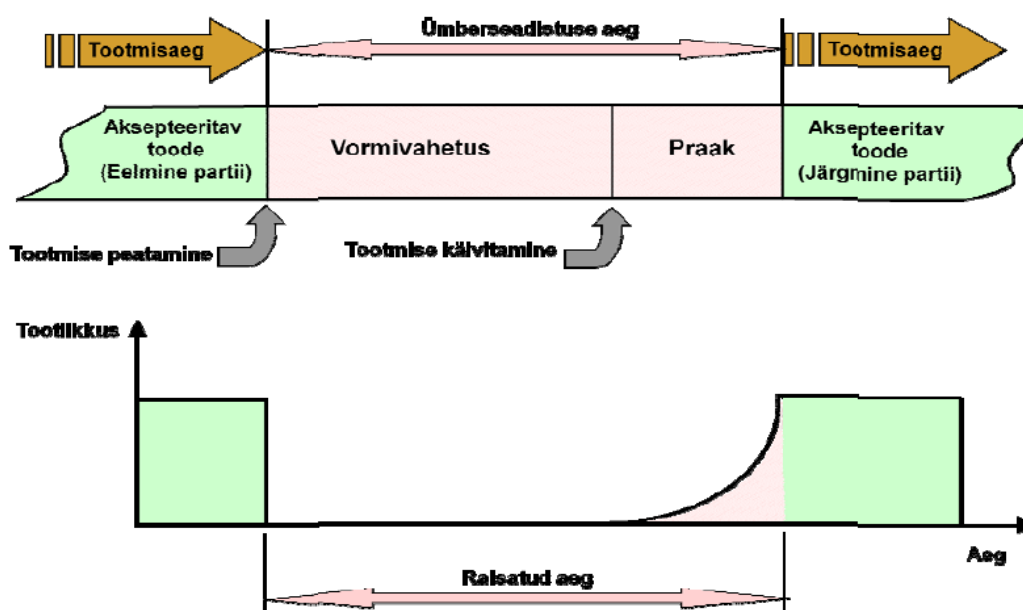
- 1) partiide suuruse vähendamine;
- 2) paindlik tööjõud;
- 3) *kanban* süsteem;
- 4) veakindlaks muutmine;
- 5) tõmbegraafikud;
- 6) seadistamisaja lühendamine;
- 7) standarditud konteinerid.

JIT kasutab tõmbesüsteemi tootmismaterjalide ning lõpetamata toodangu liigutamiseks läbi tootmisetappide ehk tõmbesüsteem liigutab materjale ja toodangut sinna, kus neid päriselt vajatakse [15]. Tõmbamine algab JIT süsteemis koheselt, kui klient on andud tootmisahela viimasele otsale oma tellimuse. Iga töökeskus esitab eelnevale töökeskusele täpse kogusega vajamineva toodete tellimuse. Mittevajalikke detaile ei toodeta ja seega puuduvad ka lõpetamata toodangu puhvrid [5].

1.3 SMED meetod

Lühend „SMED“ tuleneb inglise keelest (*Single Minute Exchange of Die*) ning tähendab eesti keelde tõlgituna ümberseadistus minutiga. Metoodika nimetus pärineb Toyota autotehasest, kus ümberseadistuse aega suudeti lühendada mitmelt tunnilt mõnele minutile. Kuigi parimad näited kirjeldavad, kuidas ümberseadistus on võimalik teha alla ühe minuti, on metoodika algupäraseks eesmärgiks olnud ümberseadistus alla kümne minuti ehk ühekohalise minutite arvuga [9].

Ümberseadistuse alla kuuluvad kõik tegevused, mis kaasnevad ühe toote valmistamiselt teise toote valmistamisele ümberlülitamisega. Ümberseadistamise aja arvestus algab ühe tootmispartii viimasest kvaliteetsest tootest kuni järgmise tootmispartii esimese kvaliteetse tooteni. Põhilised ümberseadistuse tegevused on masina vormivahetuseks ette valmistamine, lõpetatud tootmispartii vormi eemaldamine, järgmise tootmispartii vormi paigaldamine, masina käivitamine ja parameetrite seadistamine vastavalt uue tootmispartii nõuetele [11].



Joonis 1. Ümberseadistuse ajaline kulg tootmisprotsessis [12]

SMED jälgib kulusäästliku tootmise printsiipe, keskendudes parendustegevustele, mille eesmärk on tõsta efektiivsust, likvideerida raiskamine ja tõsta kasumlikkust.

Shigeo Shingo oli tööstusinsener, kes õppis hoolikalt Frederick Taylor ja Frank Gilberth aja ja liikumise uurimusi. Shingo jõudis läbimurdeni siis, kui ta hakkas mõistma protsesside ja tegevuste erinevust. Protsess on täielik voog tootmises alates kliendi tellimusest kuni valmis-produktini, tegevusteks on operatsioonide seeriad masinatel. Protsessidele suuremat rõhku pannes oli ta suuteline näitama, kuidas on võimalik tegevusi sujuvamaks muuta nii, et tulem muutuks efektiivsemaks [12].

Enne Shingo poolt SMED süsteemi arendamist tähendas see varem kahte põhilist asja [3]:

- 1) on vaja omada teadmisi tootmismasinade ja seadmete struktuuride ja funktsioonide kohta ning ka tööriistade, terade, rakiste ja muude vajalike esemete kohta;
- 2) on vaja oskusi teatud detailide kinnitamisel ja eemaldamisel lisaks veel mõõtmestamisel, nullkohtade seadistamisel, häälestamisel ning järel kalibreerimisel masina testjooksuajal.

Aastal 1950 viis Shingo läbi tõhususe parendamise Toyo Kogyo Mazda tehases. Suured autokere stantsimise pressid survejõuga 3500 kN, 7500 kN ja 8000 kN olid pudelikaeladeks. Esines näiteks selline intsident, et masina seadistamise ajal kulutati tund aega vajamineva poldi leidmise jaoks. See viis Shingo ideeni, et seadistusaja välised tegevused tuleb seadistusajast elimineerida, optimeerida ja standardiseerida ning enne seadistamise algust tuleb üle kontrollida, kas kõik vajalikud asjad on olemas. Shingo seadis sisse seadistamise jaoks väliste tegevuste protsesside standardi ehk operatsioonikaardi. Selle tegevuse tulemusel tõusis seadistamise efektiivsus juba 50% võrra ja ühtlasi kadus ka pudelikaela probleem selles töökeskuses. [9]

1.4 SMED metoodika mõistmiseks vajalikud teadmised

Uurides tootmisseadmete ümberseadistamise aja vähendamise teemat leidub mitmeid otsingutulemusi, kus SMED tööriista kasutusele võttes on võimalik saavutada drastilisi tulemusi tootmismasinade seadistusaja vähendamiseks, mille läbi on tunduvalt tõusnud tootmisettevõtte vabaressursside hulk. SMED tööriista edukalt rakendades ilmnevad mitmed kasud, milleks on madalad tootmiskulud, sujuvamad tootmisliinide käivitamised, madalam laoseis, väiksemad nõudmised tootmispinnale ning tõstab tootmisvalmisolekut

kliendi suhtes. Tegemist on tööriistaga, mille kasulikkuse argumenti toetavad mitmed edulood üle maailma [9].

Partiitootmisega tootmisettevõtete peamine probleem seisneb tootmiseseadmete seadistamise protsessis. Sagedased ümberseadistused on vajalikud, kui ettevõtte pakub laia valikuga tooteid väikeste partiidenä. Põhjus, miks tänase päevani võtab seadmete ümberseadistamised endiselt kaua aega peitub tootmisinseneride tähelepanuta jäetud töös. Sageli jäetakse suur hulk eeltöid tootmispinnal töötajale teostamiseks ja ei vaadata tootmisprotsessi kui tervikut.

Tihti pole ka seadme(te) valmistaja(d) välja töötanud selliseid formaadivahetuse võimalusi, mille abil saaks teha kiireid tootevahetusi.

Kõrge tootmismahuga tootmine ja suurte partiide tootmine on sama sisuga. Väikeste partiide tootmisega on võimalik saavutada kõrge tootmismahuga tootmine. Traditsiooniliselt planeeritakse tootmist, kus arvestatakse vältimatute suurte laovarudega. Uus tootmissüsteem, mis põhineb SMED rakendamise kontseptsioonile on tootmine stabiilsem ja laoseisud väikesed. SMED süsteem on kõige hädavajalikum meetod täppisajastatud tootmise saavutamiseks. SMED süsteem sageli muudab ümber kogu olemasoleva tootmissüsteemi. [9]

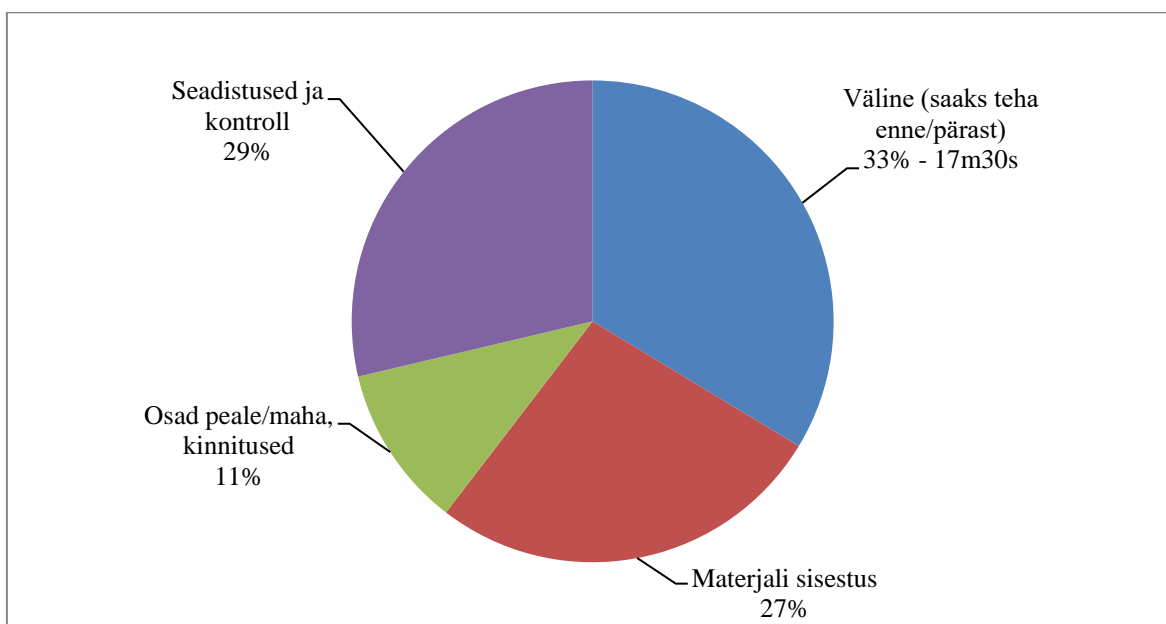
Tootmistegevusi on kõige lihtsam vaadelda kui protsesse, milles sisaldub teatud hulk operatsioone. Protsess esindab ühtlast voogu, kus toormaterjal on töödeldud lõpptooteks. Operatsioonideks nimetatakse tegevusi, mida on teostanud töötaja, masin või muu seade, et toormaterjal saaks, kas pooltooteks või lõpptooteks. Üks protsess võib sisaldada ühte või enamaid operatsioone. [10]

Suurt ajakulude vähendamise võimalikkust ümberseadistamisel on üldiselt väga raske uskuda. SMED metoodika rakendamisel on kaotatud ära eri suuruste partiide tootmise majanduslik osatähtsus kasumi saavutamiseks. Lisaks on SMED vähendanud ka nõutud tööoskuste taset, mis on vajalik tootmiseseadmete ümberseadistamiseks, ehk tootmiseseadmete seadistuste tegemiseks ei ole enam ilmingimata vajalik masina seadistaja vaid seadistusi võib teha seadme kasutaja ise.

Põhiliste tegevuste osakaal ümberseadistamise protsessis oli tavaliselt (joonis 2):

- 1) eeltöö, kõikide vajalike tööriistade, materjalide ja muude asjade kontroll, 33% kogu ajast;
- 2) detailide vahetus, 11% kogu ajast;
- 3) seadistused ja kontrollkaalumised, 29% kogu ajast;

4) materjalide sisestus, 27% kogu ajast.



Joonis 2. Operaatori tööoperatsioonide algne osakaal tootevahetusel

Aeg, mis kulub masina testjooksudele ja sättimistele sõltub eelnevate protsesside kvaliteetsest tööst, milleks on tsentraliseerimine, mõõtmestamine ja seadmine. See tähendab, et mida korrektsemalt on tehtud kõik eelnevad operatsioonid, seda suurem on tõenäosus, et esimene kvaliteetne detail valmib esimesel korral. [9]

Põhisammud SMED metoodika rakendamisel on [3; 9]:

- 1) ümberseadistuse sisemiste ja väliste tegevuste eraldamine;
- 2) võimalike sisemiste tegevuste teisendamine välisteks tegevusteks;
- 3) sisemiste tegevuste operatsioonide parendamine, optimeerimine, standardiseerimine;
- 4) väliste tegevuste operatsioonide parendamine, optimeerimine, standardiseerimine.

SMED tööriista rakendamiseks on vajalik välja selgitada, kus seda rakendada ja mis on oodatava tulemuse eesmärk. Kõik vajalikud tööriistad ja tegevused tuleb identifitseerida, mida on hea filmimise meetodil jäädvustada. Kolmas samm on analüüsida antud tulemust selgitades välja välised tegevused ja sisemised tegevused. Eemaldades välised tegevused jäävad alles ainult olulised tegevused, mis loovad väärtust tootmisel.

ümberseadistamisele. Seejärel tuleb ka olulised tegevused kriitilise pilguga üle vaadata, et eemaldada ka sealsed raiskamised, kuni on saavutatud püstitatud eesmärk. Oluline on lisaks sisemiste tegevuste lihtsustamisele ka väliste tegevuste lihtsustamine. Mõlemad tegevused standardiseeritakse. [9]

Spagetti diagramm aitab mõista operaatori liikumisi ümberseadistamise ajal. See illustreerib, kui palju toimub liigseid liigutusi seadistamisprotsessi ajal ehk teisisõnu raiskamisi. Selleks kasutatakse vaadeldava tööala skeemi paberil ja pliiatsit. Iga operaatori liikumise kohta tehakse pidevjoon skeemile.

Selleks, et jõuda soovitud eesmärgini tuleb koostada SMED tegevusplaan. Uusi saadud tulemusi võrreldes algsete tulemustega on võimalik saada teada SMED rakendamise kasulikkuse määr vabaressursside tekkeks. Kui kogu tootmissüsteemi võtta arvesse uued seadistusajad ja jätta kõik teised kriteeriumid samaks, on võimalik määrata ära seadistusaja teguri vajalikkust tootlikkuse tõstmiseks [3; 9].

Tootmisseadme kvaliteetset seadistust kirjeldatakse kolme parameetriga, mille kõiki kolme parameetrit toetab töötaja töötahe ja vilumus [9]:

- 1) millist meetodit kasutatakse - kuidas?;
- 2) tööde hulk, mis on vaja teostada - kes? mida? millal?;
- 3) tööriistade ja seadmete tehnilised näidud.

1.5 SMED rakendamise etapid

Järgnevas peatükis antakse ülevaade, kuidas koostada tegevusplaan samm-sammult ning kuidas rakendada SMED metoodilist analüüsi.

1.6 Tegevusplaani koostamine

SMED Shingo teooria kohaselt koosneb tegevusplaan kaheksast põhisammust [14]:

1. Vaatlemisobjekti valik

Sobiva tootmisseadme leidmine vaatluseks leitakse eelnevalt kokkulepitud kriteeriumite järgi. Kriteeriumiteks võivad olla näiteks pikimad seadistusajad, seadistuste sagedus, pudelikaelad või OEE näidud igal tootmisseadmel.

2. Seadistusaja eesmärgi kirjeldus

SMED metoodika rakendamise eesmärk on vähendada ümberseadistuse aegasid, et seeläbi tõsta tootmisseadmete tootmisvalmisolekut. Eesmärgi püstitamine on väga oluline, kuna see mõjutab otseselt tiimi liikmete töö motivatsiooni.

SMED teooria kohaselt määratakse pilootprojektina üldjuhul eesmärgiks vähendada seadistusaegasid 50% võrra. See tuleneb seadistusaegadel toimunud raiskamiste tüüpnaitudest, mille puhul tehakse seadistusaja siseselt 30% jagu eeltöid, 15% tegeletakse kohendamisega, 50% ajast kulutatakse proovitöödeks ning mehaanilised tööd nagu tööriistade paigaldus on vaid 5%. Seetõttu, kui eemaldada eeltööde protsent ja vaadelda teiste tegevuste tagamaid, siis kokku on võimalik elimineerida 50% ilma suuremate raskusteta. SMED mitmekordsel rakendamisel on juba keerulisem vähendada 50% jagu aega. Teistkordsel SMED projektil püstitatakse tavaliselt eesmärgiks vähendada seadistusaega 30%.

3. SMED projekti meeskonna liikmete valik

SMED projekti edukuse taga on tugev meeskonnatöö. Seetõttu on tähtis valida SMED projekti vaid strateegiliselt valitud meeskonnaliikmed sellisel moel, et liikmete arv on täpselt nii suur, kus kõik liikmed on vajalikud ja nii väike, et igal liikmel on oma roll kanda. Ülesanded tuleb meeskonnaliikmete vahel ära jagada. Sageli valib tootmisjuht meeskonna SMED projekti. Soovitav meeskond koosneb liikmetest nagu tootmisplaneerimise ja toomisallüksuse esindajad, tehnoloog, seadistaja, tootmisseadme hooldustöötaja ja soovitatavalt ka SMED ekspert.

Kui meeskonnaliikmed on leitud, siis igale neile tuleb määrata oma roll:

- 1) tiimi juht, kes on vastutav tiimi juhtimise, projekti organiseerimise ja dokumentatsiooni eest. Juhib projekti üldeesmärgi saavutamiseni;
- 2) tiimi moderaator, kes on SMED metoodika spetsialist, kes juhib projekti sisulist poolt;
- 3) teised tiimiliikmed nagu seadistaja (kes valdab hästi seadistamise operatsioone), protokollija (kes kirjutab üles kõik märkmed tööprotsessidest), tööoperatsioonide aja võtja (kes jäädvustab igat liigutust), fotograaf (kes pildistab vajalikud detailid ja elemendid), kaamera operaator (kes filmib kogu tegevust).

Kõikidele osapooltele teatatakse projekti alguse aeg, tegevuskava ning nõusoleku korral allkirjastatakse formaalne dokument.

4. Praeguse ümberseadistuse dokumenteerimine

Praeguse ümberseadistuse dokumenteerimiseks on vajalik kirjeldada selle tegelikke ümberseadistusaegade pikkused ja nende toimumisaja sagedused tootmises. Seda saab teha mitmel viisil: seadistuse ajal aja mõõtmisega ja märkmete tegemisega, kasutada tegevuste monitoorimiseks vastavat dokumentatsiooni, seadistaja poolt loodud tööoperatsiooni kaarti uurides, detailidest ja tegevustest pilte tehes või filmides kogu seadistamist.

Monitoorimise dokumendi kasutamisel peaks tabel sisaldama järgmisi nimetusi:

- 1) järjestikune ümberseadistustel tehtavate tegevuste järjekord;
- 2) elementide ja tegevuste lühikirjeldused;
- 3) seadistamise üldae;
- 4) eraldi tööprotsesside ajad;
- 5) tulpdiagramm tööprotsesside aegadest.

Seadistaja poolt tööoperatsioonide kaardi uurimise eesmärk on visuaalselt näha mitte väärtust lisavad tegevused seadistamise ajal. Lisaks on hea, kui samaaegselt saab vaadelda seadistaja liikumisi tehases joonistades tehase plaanile tema liikumiste trajektoore ühtlase joonena, mida nimetatakse Spagetti diagrammiks (*Spaghetti diagram*) joonis 19. [2]

Seadistuse filmimine on kõige efektiivsem meetod seadistuse kaardistamiseks. Kaamera mälu suuruse ja aku kestvuse vajadus sõltub filmitava seadistuse oodatavast pikkusest. Oluline on, et kogu seadistus saaks videole ja seadistajat ei tohi segada. Filmimine hakkab alates sellest hetkest kui eelmise partii detail on lõpetanud ja masin seisatakse. Filmimine lõpeb I kvaliteetse detaili valmistamisega. Filmimise meetodi tugevuseks on see, et tiimiliikmed saavad korduvalt üle vaadata tehtud operatsioone ja analüüsida. Kõik detailid, mis on jäänud kaamerale ei ole informatsioonina kaduma läinud. [3]

5. Seadistamisel tehtud tegevuste visualiseerimine

Üks viis on kõik jäädvustatud tegevused märkida märkmepaberitele ja kleepida seinale vastavalt tehtud tööde järjekorrale. Teine viis on kasutada vastavat programmi, kus eristada videolõigult tehtud tegevused ning määrata igale tegevusele kirjeldused.

6. Seadistamisel tehtud tegevuste ja detailide analüüs

Tegevuste ja detailide analüüs tehakse kogu SMED meeskonnaga. Visualiseeritud tegevused kuvatakse suurele seinale. Analüüs koosneb neljast põhietapist:

- 1) Hetkeolukorra analüüs. Esitatud on andmed kõikidest tööoperatsioonidest, seadistamise aja üldpikkusest, tööoperatsioonide ajalistest pikkustest;
- 2) Seadistamise sisemiste ja välimiste tegevuste eraldamine. Tiimiliikmed peavad otsustama, millised tegevused on vajalikud sooritada seadistamise aja jooksul ja millised tegevused on võimalik sooritada enne või pärast seadistust. Sisemised ja välimised tegevused märgitakse erivärvidega;
- 3) Sisemiste tegevuste muutmine välisteks tegevusteks. Sisemised tegevused jagatakse kahte tulp, ühed, mida saab muuta välisteks tegevusteks muutes näiteks töövõtteid, tehnoloogiat ja tegevused, millel puudub esmane vajadus neid muuta näiteks need on tegevused, kus ei kulu ülemääraselt kaua aega;
- 4) Sisemiste ja välimiste tegevuste arendamine. Pakutakse välja lahendusi, mis hõlpsustaksid tegevuste sooritamist. Koostatakse eraldi parendustegevuste nimekiri ja optimeeritakse tegevused. Kõik tegevused lõppevad standardiseerimisega.

Pärast analüüsi organiseeritakse seadistajatele koolitus. Uut seadistusmeetodit katsetatakse treeningu ajal vähemalt kolmel korral.

7. Kohene kordusanalüüs

Kui esimese analüüsi käigus ei ole esialgset eesmärki täidetud, siis kohe tuleb alustada mikrotegevuste teistkordse analüüsiga.

8. Järgepidevad SMED metoodika rakendamised

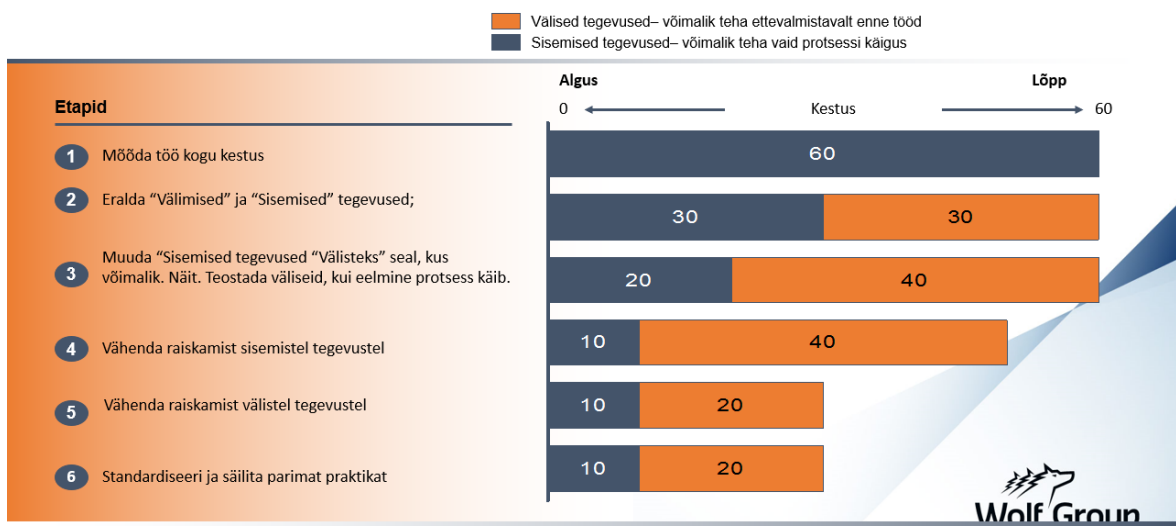
Tootmiseseadmete ümberseadistusaegade vähendamine on järjepidev protsess. Pärast projekti läbiviimist on vajalik anda uue standardi juurutamise jaoks kuus kuud ning seejärel lasta järgnevad kuus kuud harjumustel kujuneda enne kui taaskordselt SMED projekti raames seadistusajad üle vaadata. Seega vähemalt iga aasta tagant on võimalik SMED projekti raames uuesti üle vaadata seadistusajad kuni soovitud lõpptulemus rahuldab ettevõtte eesmärki.

1.7 SMED analüüs

SMED analüüs koosneb kuuest põhisammust (joonis 3):

1. Kogu vaadeldava tööprotsessi mõõdistamine.
Kaardistatakse kõik tegevused, mis tehakse kogu tootevahetuse vältel. Samuti märgitakse vajadusel juurde ka kommentaarid vaadeldavate tegevuste kohta – ootamine, töövahendi otsimine jms. Kogu tööprotsessi paremaks analüüsimiseks tehakse koos tööprotsessi mõõdistamisega ka spageti diagramm.
2. Sisemiste ja välimiste tegevuste eraldamine
Seadistusaja sisesed ja välised tegevused eraldatakse kriteeriumi järgi, kas antud tegevust saab teostada ka siis, kui seade on töös ehk eeltööna. Siinkohal väliste tegevuste operatsioonide tõhustamiseks koostatakse eeletapid.
3. Sisemiste tegevuste teisendamine välisteks tegevusteks
Esmalt tuleb koostada operatsioonide süsteem, mida saab rakendada masina tööriistadele kui välise tegevusena nii, et ainus seadistusaja sisemine tegevus oleks tööriista paigaldamine paari liigutusega.

Kuus etappi SMED-i läbiviimisel



Joonis 3. SMED'i läbiviimise 6 põhietappi (autori koostatud koolitusmaterjal)

4. Raiskamiste vähendamine sisemistel tegevustel

Kui tegemist on valuvormide vahetusega, kus valuvormid vajavad eelsoojendamist, siis selle asemel, et kui traditsiooniliselt soojendatakse neid seadistamise välisel ajal survevalu meetodiga, võib kasutada gaasi või elektrilist soojendajat, mille läbi on võimalik säästa ajas ligi 30 min.

Erisuuruste valuvormide või muude artiklite standardiseerimine masinal saab teostada eri vormiliste standarditega eesmärgiga vähendada seadistamisaegasid. Shingo soovib pigem funktsioonide standardiseerimist.

5. Raiskamise vähendamine välistel tegevustel

Ka kõikidel välistel tegevustel tuleb leida võimalused nende lühendamiseks.

6. Funktsioonide standardiseerimine

Funktsioonid masinate tööriistade kinnitamisel on üldiselt kinnitamine, tsentraliseerimine, mõõtmestamine, eemaldamine, koormuse määramine. Tõhus funktsioonide standardiseerimine eeldab, et iga masina tööriistal on omad funktsioonilised omadused ning igat tööriista saab standardiseerida uurides nende funktsioonilisi omadusi või muude elementide kaupa.

Standardsete operatsioonide kaardiga (SOP) antakse ettevõtte poolt töötajale edasi kooskõlastatud töömeetodid (Lisa 8, Lisa 9). SOP sisaldab jooniste ja teksti abil õiget töömeetodi kirjeldust, milles on sammsammult lahti kirjeldatud ohutud optimaalsed töövõtted. Töötaja ülesanne on rangelt sellest kinni pidada ja nii omab ettevõtte suuremat kontrolli töötulemi üle. [9]

Üks võimalus sisemiste tegevuste parendamiseks ehk nende tegevuste ajakulu vähendamiseks on nende tegevuste paralleelseks muutmine. Kui masina seadistajal on abiks operaator, siis saab korraga teostada mitut tööoperatsiooni samaaegselt.

Funktsionaalsete tööriistade kasutusele võtuga saab vähendada oluliselt lisaliigutuste tegemisi. Näiteks S. Shingo täheldas, et vaadeldes poltide pikkusi toimub tegelikult vaid viimaste pöörete teostamisel kinnitamine või lõdvendamine. Kiirkinnitused tõhustavad oluliselt selliseid tööoperatsioone. [10]

Kasutusele võetakse ka piiraja metoodikat, mis tähendab sisuliselt abitööriista rakendamist vajaliku seadme tööriista kinnitamiseks. Näiteks, kui on vaja tsentraliseerida, siis saab kasutusele võtta piirded ning tööriista kinnitamine toimub vaid mõne sekundiga selle asemel, et seda korduvalt paigaldada, mõõta, kontrollida ja kohendada. [7]

2. KRIMELTE OÜ TOOTMINE

2.1 Ettevõtte lühitutvustus

Krimelte OÜ on Eesti päritolu Euroopa juhtiv ehituskeemia tootja, kelle tootevalikusse kuuluvad ehitusvahud, hermeetikud, ehitusliimid, kitid, tihendid, hüdroisolatsioon- ja impregneerimisvahendid. Ettevõtte pidevalt laienev eksporditurg koosneb hetkel enam kui 50 riigist. Ettevõtte tegutseb aastast 1994, tootmist Eestis alustati aastal 1998. Krimelte kuulub Wolf Groupi, mis ühendab kõiki selle tooteid, kaubamärke, tootmis- ja müügiettevõtteid Eestis ja välismaal.

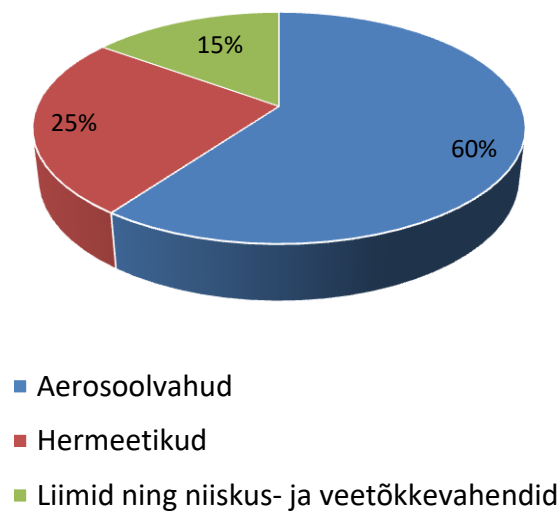
Wolf Groupi tootmisüksused asuvad Eestis, Hispaanias, Venemaal ja Brasiilias. Selle müügiüksused asuvad Balti riikides, Ukrainas, Rumeenias, Bulgaarias, Taanis, Kasahstanis, Hispaanias, Prantsusmaal, Portugalis ja Ühendkuningriigis. Grupi ekspordivõrgustik ulatub Ameerika Ühendriikidest Uus-Meremaani, Norrast Lõuna-Aafrikani ja Brasiiliast Jaapanini.

Wolf Groupi tooteid turustatakse peamiselt kaubamärkide Penosil, Olivé ja Tempsi all, kuid ka paljude maailmakuulsate kaubamärkide omatoodetena. [13]

2.2 Tootmine Krimelte OÜ-s

Krimelte OÜ tootmine asub Tallinnas, Suur-Paala tänaval. Ettevõtte toodangu jaotus on toodud joonisel 4, mis sisaldab:

- 1) aerosoolvahtusid;
- 2) hermeetikuid;
- 3) liime s.h ka veetõkkevahendeid, tihendeid.



Joonis 4. Krimelte OÜ toodangu jaotus

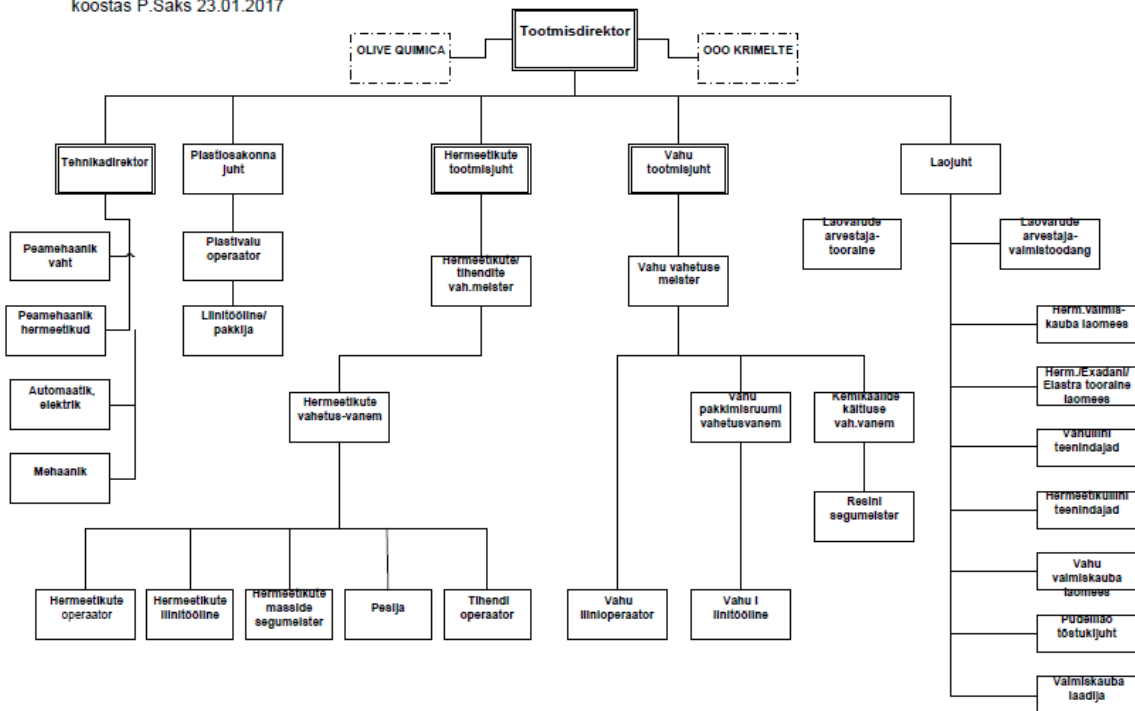
Lisaks tavatoodangule on ettevõttes olemas ka plasttoodete tootmisüksus, mis valmistab komponente oma toodangu tarbeks. Põhilisteks toodeteks aerosoolvahtudele on:

- 1) adapterid;
- 2) kõrred;
- 3) erinevad päästikud;
- 4) korgid.

Hermeetikutele:

- 1) silikooni tuutud;
- 2) põhjakorgid;
- 3) ninad.

Kogu grupi tootmine allub ettevõtte tootmisdirektorile. Erinevate tootmisüksuste eesotsas on üksuste juhid (joonis 5). Tootmine töötab alates 2017. aasta aprillist kolmes vahetuses.



Joonis 5. Krimelte OÜ tootmise struktuur

Ettevõtte tootmisega on seotud ca 130 inimest, kellest 60 on aerosoolvahtude tootmises, ülejäänud 70 jagunevad hermeetikute tootmise ja tugiüksuste vahel.

2.3 Aerosoolvahtude tootmine

Ettevõttel oli veel 2017 aasta alguse seisuga kokku 5 aerosoolvahtude tootmisliini. Nendest 3 tootmisliini asuvad A-korpuses, kus asub ühtlasi ka 2 segumikserit (Lisa 1). Väiksema mikseri laadimismass on $m_v = 3000$ kg ja sellega segatakse eelkõige väiksemaid koguseid ja pulber segudega blende. Kusjuures pulbersegude minimaalseks segamise laadimismassiks on 900 kg, sest sellest väiksemat kogust ei suuda mikser nii ära segada, et segu vahtu ei läheks. Suurem mikser on segamismassiga $m_s = 9000$ kg ja kasutatakse ainult suurte partiide või n.ö standardblendide segamisega, mis omakorda hoiustatakse vahepeal suurtes kuni 51 tonnistes mahutites.

Esimesel aerosoolvahtude tootmisliinil tehakse eelkõige kõrrevahtusid ja samuti ka LOW-MDI ja MDI vabu tooteid. Esimesel liinil on paigaldatud alljärgnevad seadmed:

- 1) ainete täitmismasin;
- 2) gaaside täitmismasin eraldi gaasimajas;
- 3) liini kaal;
- 4) loksuti 1-realine, 32pdl;
- 5) pimedamärgimasin;
- 6) etikettija;
- 7) korgipanemismasin;
- 8) kõrtepanemismasin;
- 9) wrap-around pakkimismasin.

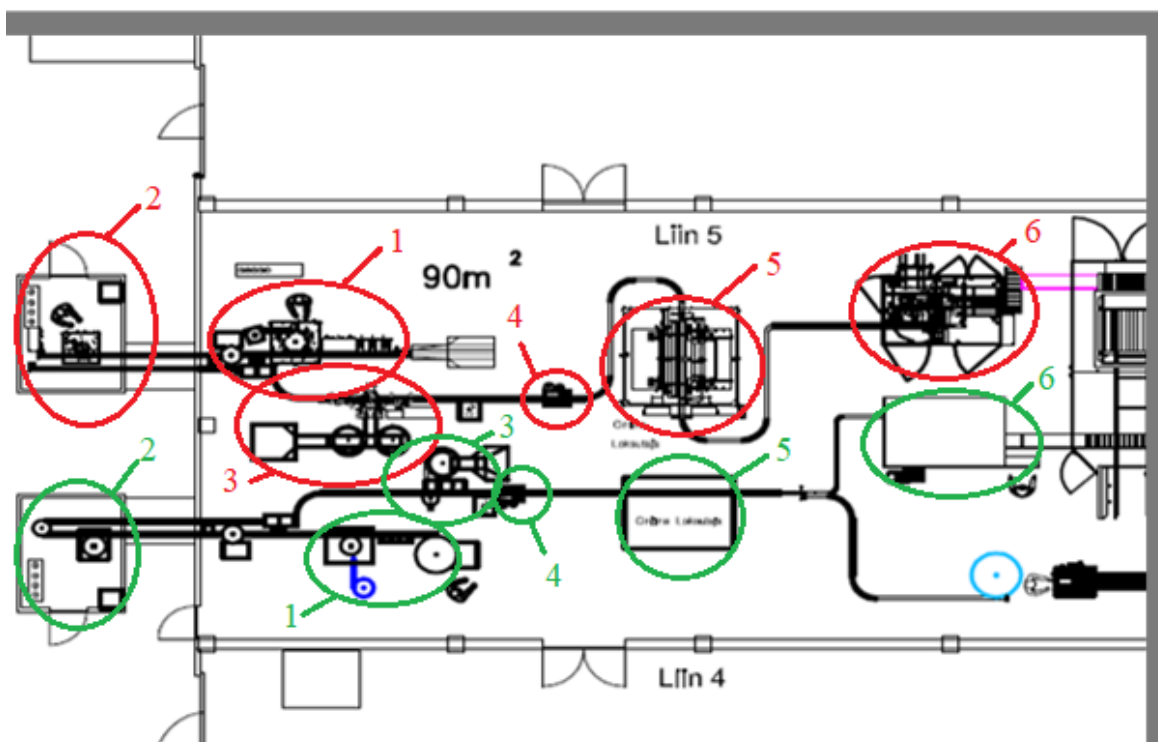
Teisel tootmisliinil tehakse püstolivahtusid ilma täiendavate lisadeta (kindad, korgid, päästikud). Tootmisliinil on järgmised seadmed:

- 1) ainete täitmismasin;
- 2) gaaside täitmismasin eraldi gaasimajas;
- 3) liini kaal;
- 4) 1-realine loksuti, 32pdl;
- 5) pimedamärgimasin;
- 6) pakkimismasin.

Kolmas aerosoolvahtude tootmisliin on kõige universaalsem. Eelkõige valmistatakse sellel püstolivahtusid koos erinevate lisadega – kindad, EG, Pagerise kombi lahendus. Samuti on võimalus valmistada ka kõrrevahtusid, kuigi jah kõik täiendavad lisad tuleb paigaldada käsitsi. Samuti on liinil võimalik toota kõiki erinevaid blende s.h ka atsetooni põhiseid puhastajaid – cleaner’eid. Liinil on järgmised tootmisseadmed:

- 1) ainete täitmismasin;
- 2) gaaside täitmismasin eraldi gaasimajas;
- 3) liini kaal;
- 4) loksuti 1-realine, 32pdl;
- 5) etikettija;
- 6) pimedamärgimasin;
- 7) käsipakendus.

B-korpuses asusid 2 tootmisliini (joonis 6). Neljas tootmisliin oli mõeldud eeskätt ainult ilma lisadeta püstolivahtude tootmiseks.



Joonis 6. Aerosoolvahtude tootmisliinid B-korpuses kuni 2017, kus 1- täitmismasin; 2 – gaaside täitmine; 3 – adapterimasin; 4 – pimedamasin; 5 – loksuti; 6 – pakkimismasin ja mõlemad liinid lõppesid palletisaatorisse.

Kuna sellel liinil puudus etikettija, siis sai seal teha ainult selliseid tooteid, mille etikett oli juba pudelitootja poolt peale prinditud. Täiendavaks kriteeriumiks oli piiratud blendide arv. Nimelt B-korpuses oli mahuteid ainult 4 erineva blendi jaoks.

Algselt olid neljandal liinil järgmised seadmed (joonis 6):

- 1) ainete täitmismasin;
- 2) gaaside täitmismasin eraldi gaasimajas;
- 3) adapterimasin;
- 4) pimedamärgimasin;
- 5) 1-realine loksuti, 32pdl;
- 6) Pakkimismasin.

Viies tootmisliin oli ettenähtud atsetoonil põhinevate puhastajate (cleaner'ite) ja aktivaatorite tootmiseks.

Viienda tootmisliini seadmed olid järgmised (joonis 6):

- 1) ainete täitmismasin;
- 2) gaaside täitmismasin eraldi gaasimajas;
- 3) kahe realine adapterimasin;
- 4) pimedamärgimasin;
- 5) 2-realine loksuti, 32pdl;
- 6) pakkimismasin.

2.4 Toodang

Ettevõtte aerosoolvahtude toodanguks on püstolivahud, kõrrevahud ja puhastajad. Tabelis 1 on toodud erinevate toodetegruppide tootmismahud liiniliiti perioodil 2016-2017.

Tabel 1. Toodangu mahu n jaotuvus erinevatel liinidel perioodil 2016-2017.

Liini nr.	Tooted	Periood	
		2016	2017
1	Püstolivahud	110 073	85 934
	Kõrrevahud	5 402 727	5 727 643
	Puhastajad	0	0
	1. liin kokku:	5 512 800	5 813 577
2	Püstolivahud	6 146 577	7 204 434
	Kõrrevahud	0	0
	Puhastajad	0	0
	2.liin kokku:	6 146 577	7 204 434
3	Püstolivahud	5 387 297	6 047 902
	Kõrrevahud	283 131	765 601
	Puhastajad	0	0
	3.liin kokku:	5 670 428	6 813 503
4	Püstolivahud	3 605 321	4 276 000
	Kõrrevahud	0	39 708
	Puhastajad	0	460 352
	4.liin kokku:	3 605 321	4 776 060
5	Püstolivahud	0	0
	Kõrrevahud	0	0
	Puhastajad	460 615	0
	5.liin kokku:	460 615	0
Toodetud kokku:		21 395 741	24 607 574

Tabelis 1 puudub 5-liini toodang 2017.aastal, sest liin demonteeriti ja toodang valmistati 4.liinil.

2.5 Tootmise olukord enne parendustegevusi

Ettevõtte valmistab oma toodangu vastavalt tootmistellimustele, lattu midagi ette ei toodeta. Kuna ettevõttel on veel lisaks vahtude tootmine ka Venemaal Zhukovskis, siis alates 2017 korraldati enamus Venemaale toodetavatest vahu toodetest ümber Zhukovski tehasesse. Selle tarbeks demonteeriti 5. tootmisliin, koos gaasimaja, pakkimismasina, adapterimasina ja loksutiga ning see paigaldati Zhukovskisse. Seetõttu tuli siin kohapeal rekonstrueerida 4.tootmisliin selliselt ümber, et oleksime suutelised tootma 4.liinil peale vahu toodete ka puhastajaid ning kuna koos 5. liiniga läksid Venemaale ka tooted, mida seni tehti suurte partiidega, siis pidime olema valmis tegema ka väikeseid partiisid ning maksimaalselt kõikide vajalike lisadega.

Tootmine on korraldatud vastavalt ette antud müügiproгноosidele. Vahtude tootmine toimub 3-s vahetuses, 5 päeva nädalas. Arvestuslikult peaks ööpäevane toodangumaht olema ca 120000 pdl, kuid viimase 2 aastaga on see number kogu aeg vähenenud. Majandustarkvara väljavõtte kohaselt (tabel 2) oli 2017 aastal vahtude tootlikkus $W = 1228$ pdl/h. Antud number on saadud kogu toodangu maht jagatud kogu tööajaga.

Tabel 2. Aerosoolvahtude tootlikkus tootmisliinide lõikes perioodil 2016..2017

Tootlikkus W, pdl/h			
		2016	2017
Group name	Liini nr:	Per hour	Per hour
Aerosoolide täitmise grupp	1	1277	1116
	2	1698	1320
	3	1334	1215
	4	1540	1261
keskmine:		1463	1228

Tootlikkuse W kahanemist aitab selgelt illustreerida ka tabelis 3 toodud keskmise töökäsu suurus tootmisliinidel. Tabeli viimases veerus on toodud välja 2017 aasta keskmise töökäsu suuruse n_{tk} muutus võrreldes 2016 aastaga.

Tabel 3. Keskmise töökäsu suurus tootmisliinide lõikes perioodil 2016..2017

Keskmise töökäsu suurus n_{tk} , pdl			
Liini nr:	2016	2017	Muutus
1	2 808,5	2 463,3	-12,3%
2	6 835,3	5 492,9	-19,6%
3	2 633,7	2 336,4	-11,3%
4	5 668,7	3 162,3	-44,2%
5	1 218,6		
Kogu keskmine:	3 833,0	3 363,7	-12,2%

Lisaks töökäsu suurustele on muutunud ka töökäskude hulk k_{tk} (tabel 4). Tabelist on näha, et 1.liini töökäskude arv on vähenenud, aga tegelikkuses seoses uue Wrap-around pakkimismasina kasutuselevõtuga tuli teatud klientide tooted ära teha nii kolmandal, kui ka neljandal liinil.

Tabel 4. Erinevate töökäskude arv aastas erinevatel tootmisliinidel perioodil 2016..2017

Töökäskude arv perioodil k_{tk}			
Liini nr:	2016	2017	Muutus
1	2 238	2 070	-7,5%
2	1 119	1 054	-5,8%
3	2 427	2 587	6,6%
4	636	990	55,7%
5	378		
Kokku:	6 798	6 701	-1,4%

Arvestades, et neljandal liinil on olemas ainukesena kaherealine loksuti ja seoses suurte toodete kadumisega on nüüd neljandal liinil suurenenud märgatavalt töökäskude hulk ja vähenenud keskmise töökäsu suurus, siis tuleb tõsta neljanda vahutootmisliini võimekust ja tootlikkust.

3. NELJANDA VAHUTOOTMISLIINI REKONSTRUEERIMINE

3.1 Tootmisliini ümberkorraldused

Tulenevalt turusituatsioonist ja juhtkonna otsusest demonteeriti viies liin ja paigaldati see Venemaale Zhukovski tehasesse suurte tellimuste tegemiseks. Sellest tulenevalt ehitati olemasolev neljas liin ringi selliselt, et oleks liinil võimalik toota kõiki tüüpe tooteid algusest lõpuni ja arvestuslik liini tootlikkus peaks olema 45 pdl/min. Uus neljanda liini skeem on toodud lisa 2. Liini võimekuse parendamiseks tekitasime liinile puhverpinnad selliselt, et järgnevas seadmes materjali lisamine ei tekitaks see eelneva seadme seisakut, lisasime liinile uue etikettija, kindapaigaldusmasina ja korgipanemismasina. Samuti sai nüüd ka liinile planeerida toor- ja abimaterjalide ladustusala selliselt, et ei oleks takistatud inimeste liikumine.

Neljanda vahutootmisliini seadmete uus järjestus on järgmine:

- 1) ainete täitmismasin (joonis 7);
- 2) liini automaatne kaal (joonis 8);
- 3) gaaside täitmismasin eraldi gaasimajas (joonis 9);
- 4) üldkaal (joonis 10);
- 5) adapterimasin (joonis 11);
- 6) 2-realine loksuti, 2x32pdl (joonis 12);
- 7) etikettija (joonis 13);
- 8) kindapaigaldusmasin (joonis 14);
- 9) pimedamärgimasin (joonis 15);
- 10) korgimasin (joonis 16);
- 11) pakkimismasin (joonis 17);
- 12) palletisaator ja aluse kiletaja (joonis 18).

Neljanda liini ainete täitmisseade, koos ventiilipanijaga on toodud joonisel 7. Täitmismasin on mõeldud vahupudelite täitmiseks Blend'i ja MDI-ga. Täiteained doseeritakse dosaatoritest täpsusega ± 1 g. Igast dosaatorist läheb voolik täitepeadeni. Täitemasinas paigaldatakse ka pudelile ventiil. Maksimaalne tootlikkus W sõltuvalt blendist ja pumpamiskaugusest on kuni 50 pdl/min, kuigi täna kasutatavate blendide puhul on see 45 pdl/min.



Joonis 7. Ainete täitmismasin

Neljanda liini automaatkaal on joonisel 8, mis kontrollib, kas on lisatud õige kogus täiteaineid. Vale kaaluga pudelid lükatakse kõrvale.



Joonis 8. Liini automaatne kaal

Gaaside täitmisseadme täitepead on näha joonisel 9, mis asuvad eraldi gaasimajas. Korraga on võimalik lisada kuni 4 erinevat gaasi.



Joonis 9. Gaaside täitmine eraldi gaasimajas

Liini üldkaal on joonisel 10, mis kontrollib pudelite vastavust deklareeritavale kaalule. Kaalu tolerants on $\pm 8\text{g}$. Vale kaalu korral hakkab tööle punane signaallamp ja käivitub helisignaal. Peale kolmandat vale kaaluga pudelit konveier seiskub.



Joonis 10. Liini üldkaal

Joonisel 11 on kahe realine adapterimasin, millega on võimalik panna adaptereid kõikidele 5-le erinevale kõrgusega pudelile.



Joonis 11. Kahe realine adapterimasin

Kahe realise loksuti pilt on joonisel 12, mis annab sisuliselt 2x suurema tootlikkuse. Keskmise loksutustsükli arv on 74, mis kestab koos pudelite täitmise ja tühjendamisega 54 sekundit.



Joonis 12. Loksuti, 2-realine, reas 32 pdl

Liinile paigaldatud uus etikettija firmalt Langguth on joonisel 13. Vajadusel võimaldab läbi lasta ka ilma etikettimise vajaduseta pudeleid.



Joonis 13. Etikettija Langguth

Liini uus kinnaste panemismasin on joonisel 14, mis paneb kindad pudeli põhja alla. Seni on kinnastega tooteid tehtud A-korpuses eelkõige kolmandal liinil.



Joonis 14. Kindapaigaldusmasin

Pimedamasin on toodud joonisel 15, mis paneb pimedate inimeste tarvis pudelile näpuga tuntava reljeefse ohumärgise. Masinat kasutatakse toodetel, mille pudelitele pole ohumärki sisse pressitud ja samas mille sihtturud eeldavad, et pudelil peab pimedamärk olema olema.



Joonis 15. Pimedamärgimasin

Kümne kohaline korgimasin on joonisel 16, mis võimaldab nüüd ka liinil toote kõrrevahtusid. Antud korgimasin pärineb A-korpusest, esimeselt liinilt, sest sinna sai paigaldatud uus korgimasin. Hetkel toimub veel kõrte paigaldus korkide avadesse käsitsi.



Joonis 16. Korgimasin, 10-ne kohaline

Pakkimismasin on joonisel 17, millega saab pakkida kõiki tüüpe püstolivahtusid.



Joonis 17. Pakkimismasin

Palletisaator koos aluse kiletajaga on toodud joonisel 18. Palletisaatoris palletiseeritakse toodete karbid vastavalt ladustus layoudile alustele. Alused lisatakse alustemagasinini käsitsi, kuid masinasse liiguvad juba automaatselt. Peale palletiseerimist alused kiletatakse.



Joonis 18. Palletisaator, paremal aluse kiletaja koos pöördalusega.

Peale neljanda liini ümberehitust on võimalik toota sisuliselt kõiki tüüpe vahtusid ja koos kõikide lisadega. Siiski arvestades toodete tootmiskiirust ei ole otstarbekas teha seal tooteid, mille tootmiskiirus ei sõltu mitte seadmetest vaid täiteainete viskoossusest või loksutustsüklite arvust – näiteks LOW-MDI tooted.

3.2 SMED'i rakendamine

Käesolevas lõputöös käsitletakse tootmises olevate vabaressursside tekkimist läbi SMED tööriista rakendamise. Oluline on mõista, et kulusäästliku tootmissüsteemi tööriistad on omavahel tugevas seoses: et üht rakendada, on vaja ka teist tunda. Näiteks SMED rakendamine vajab ka 5S kontseptsiooni tundmist, teadmisi raiskamistest ja pidevat parendamise protsessi (*Kaizen*). Lisaks on vaja tunda piirangute teooria põhimõtteid ja mõista täppisajastatud tootmise loogikat, et määratleda, milline tootmisprotsess vajab SMED rakendamist esmajärgus. Lisaks on SMED eesmärgi püstitamiseks hea teada, mida tähendab maailmatasemel tootmine.

Selles peatükis antakse ülevaade SMED metoodika rakendamisest ja kirjeldatakse projekti tegevusplaani ning esitatakse seadistamiste analüüsi tulemused. Tulemuste kokkuvõtete põhjal tehakse järeldusi vabaressursside tekkimisest ja tootmise efektiivsuse kasvust.

3.3 Vaatlemisobjekti valik ja tegevusplaan

Arvestades, et tootmisliinidest oli suure ümberehituse läbiteinud neljas tootmisliin ning mis nüüd peab olema võimeline suurte partiide asemel tootma palju väikeseid partiisid, siis valisime SMED pilootprojektiks neljanda aerosoolvahtude tootmisliini B-korpuses. Arvestades, et täitmise pool ehk pudelite täitmine, kaalud ja gaasimaja on kõikidel liinidel praktiliselt sama, siis nägime, et tehtavaid muudatusi ja ümberkorraldusi on lihtne ka teistele liinidele üle kanda. SMEDi eesmärk on tootevahetustel vaadelda erinevaid tegevusi, mis on väärtust lisavad ja mis mitte.

Tegevusplaan nägi ette SMED'i meeskonna aktiivseid tegevusi neljandal tootmisliinil kolmel järjestikkusel tööpäeval, mille tulemuseks pidi olema saavutatud ettenähtud tootevahetuse aeg ja standardiseeritud tööprotseduurid.

3.4 SMED pilootprojekti eesmärk

SMED pilootprojekti eesmärgiks sai seatud vähendada tootevahetusaeg 52-lt minutilt 10-le minutile (Lisa 5).

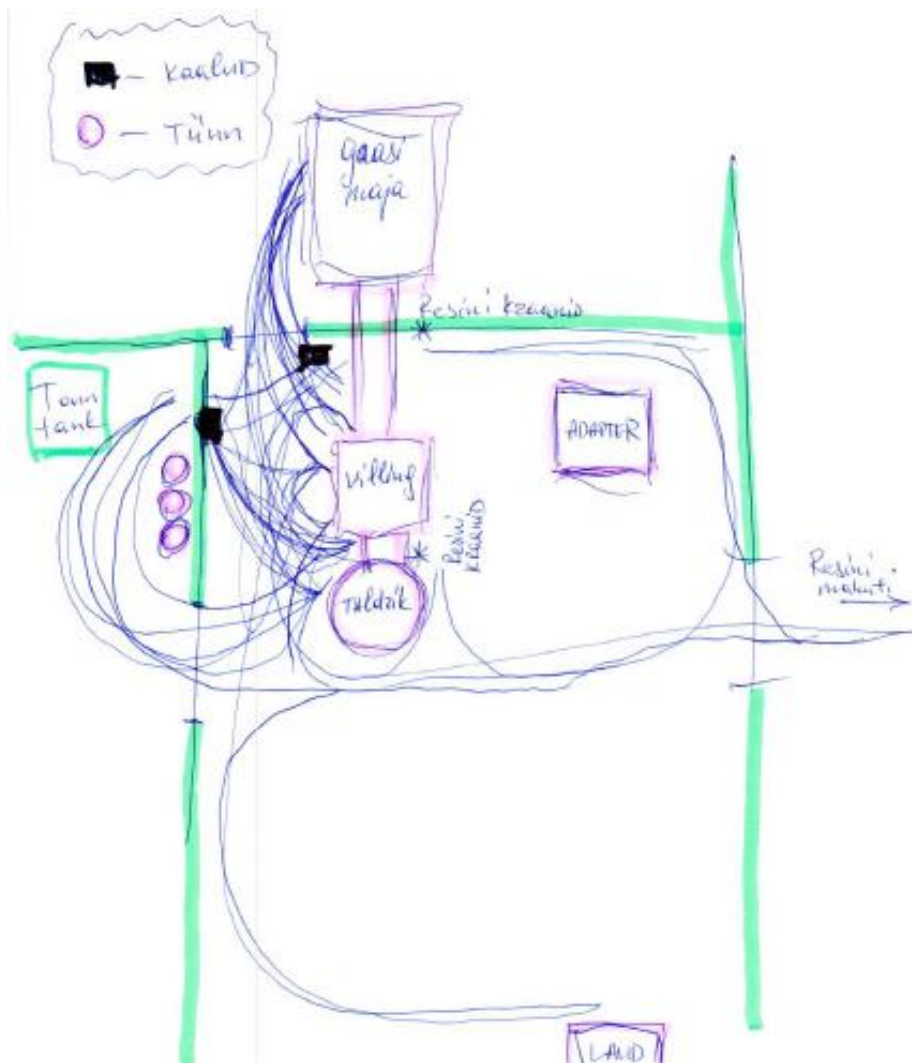
3.5 SMED meeskonna liikmete valik

SMED pilootprojekti meeskonda kuulusid 12 inimest. Nendeks olid lõputöö autor, meister, operaator, operaatorite vahetusevanem, peamehaanik, liinitöötajad, mõõdistajad teistest üksustest. Meeskonna määrasime SMED-i töögrupi avakoosolekul, kusjuures paralleelselt antud grupiga alustas veel 2 töögruppi, millest üks tegi SMED-i A-korpuses kolmandal tootmisliinil ja teine töögrupp hermeetikute tootmises automaatliinil.

Magistritöö autor oli projektijuht, kes viis läbi projekti organiseerimise, koostas alusdokumendid, juhtis kogu SMED projekti. Meister mõõdistas operatsioonide aegasid, aitas vormistada lõppdokumentatsiooni. Operaatori ja operaatorite vahetusvanema ülesandeks oli läbi viia täitmismasinate seadistus. Peamehaaniku ja mehaaniku ülesanneteks olid erinevad parendus- ja ümberehitustööd, markeerimised jms. Lisaks olid nad pädevad jagama tehnoloogilisi teadmisi ning pakkusid välja võimalikke lahendusi eduka seadistuse läbiviimiseks. Liinitöötaja ülesanne oli teostada ümberseadistused pakendamise poolel – vahetada etikett, muuta printerite kuupäevad ning pakendada toodetud toode.

3.6 Ümberseadistuste dokumenteerimine

Kõik ümberseadistuste tegevused protokolliti ja kõikide operaatorite liikumiste kohta tehti spageeti diagramm. Esmane mõõdistusprotokoll enne SMED-i rakendamist on toodud lisa 3 ja esmane tootevahetuste operatsiooniaegade graafik on toodud Lisa 4. Joonisel 19 on toodud Spageeti diagramm.



Joonis 19. Spageti diagramm. Operaatori liikumised 4.liinil tootevahetuse vältel.

Spageti diagramm annab visuaalselt selge ülevaate operaatori liikumiste kohta tootevahetuse käigus.

3.7 Seadistamisel tehtud tegevuste detailne analüüs

Esimese etapina on vaja kõikidele tööoperatsioonidele lisada kirjeldused, kas antud operatsiooni saab teostada seadistusaja siseselt või väliselt. Sisesed tegevused on ainult need operatsioonid, mis on otseselt seotud tootmisseadme ümberseadistamisega, mida ei

ole võimalik teha, kui tootmisseade on töös. Välised tegevused on operatsioonid, mis on nõutud tegevused, aga saab teha ära kas eel- või järeltööna, kui tootmisseade töötab.

Teise etapina on vaja anda kirjeldused samadele tööoperatsioonidele, kas tegu on väärtust lisava, mitte lisava või nõutud, aga ei lisa väärtust tegevusega. Väärtust lisavad operatsioonid on need tegevused, mis aitavad kaasa kiirele ja edukale seadistamisele. Väärtust mitte lisavad tegevused on igasugused raiskavad tegevused, mis viivitavad seadistamise protsessi. Nõutud, aga väärtust mitte lisavad tegevused on igasugused parandavad tegevused või olemasolevas süsteemis antud parim lahendus, aga mis võivad olla olematud, kui tööoperatsioone optimeerida.

Automaatselt arvutatakse kokku tegevuste koguaegasid, ning neid võrreldes, milline tegevus oli enim aega nõudev, mis oli otseseks indikatsiooniks, millist operatsiooni esmajärgus optimeerima hakata, kui seda kohe elimineerida ei ole võimalik. Nende andmete põhjal saab tagasiside, kas on vajalik jätkata teistkordse analüüsiga mikrotasandil või mitte.

Kõiki tööoperatsioone tootmisseadme ümberseadistamise protsessis on vajalik optimeerida ja standardiseerida pärast SMED analüüsi.

3.8 Kohene kordusanalüüs

SMED teooria kohaselt, kui elimineerida välised tegevused ja kui see osakaal jääb alla 50%, on selge, et peab jätkama teistkordse analüüsiga. Teistkordses analüüsis vaadeldakse ainult siseseid tegevusi ning püütakse leida mooduseid neid muuta välisteks tegevusteks või optimeerida. Mikrotasandil analüüsi korral vaadeldakse ja analüüsitakse iga pisimat tegevust, näiteks, kuidas toimub poltide lahti võtmine ja kinnitamine. Teistkordse analüüsi käigus vaadatakse üle ka töövõtted. Kolme päevase SMED'i katsetuste käigus sai läbi viidud korduvaid analüüse ja mitte ainult siseseid, vaid ka väliseid tegevusi. Tootevahetuste mõõdistusprotokoll on toodud lisa 6 ja SMED'i operatsiooniaegade graafik lisa 7.

4. TULEMUSTE ANALÜÜS

4.1 Tootevahetuse tulemus SMED'ga

Tootevahetuse kestvuseks 4. liinil saime 18 min ja 02 sek. Kuigi see tulemus on väga hea võrreldes algupärasega, see siiski ei ole veel lõplik. Antud joonise ajatulpades on lõigud, mida saab veel lühendada märgitud sinisega (Lisa 7). Eelkõige puudutavad need täiendavaid investeeringuid. Gaaside täitmise saab kiiremaks just eelkõige operaatori jalutustekonna lühendamise arvelt, mil on vaja osta ja paigaldada ainete kaalumiseks kaal gaasimajja. Täiteainete vahetuses on vaja ümber ehitada täiteainete kollektor, millele on vaja lisada pneumaatilise juhtimisega klapid ning veel ka ringi ehitada ventiilipaniija.

Eeldades, et need tegevused saavad peale parendustegevusi tehtud, siis väheneb tootevahetuse kestvus vähemalt 11-le minutile (Lisa 6; Lisa 7) .

Algul kestis tootevahetus 52 min ja seda tegi operaator üksi, siis peale SMED'i rakendamist, mille käigus muutsime tööoperatsioonide järjestust, välimised tegevused tehti ära juba enne tootevahetust teise toote ajal, jagasime tööd, arvestades nende ajalist kestvust, kaheks ja panime lisaks tootevahetuse tegemisele appi operaatori vahetusvanema, siis saavutasime hetkel tulemuseks 18 min, kuigi peale lõplikke parendusi ei kesta tootevahetus rohkem kui 11 minutit.

Toodangumahtude muutus sõltuvalt tootevahetuste arvust vahetuse kohta on toodud joonisel 20, kus on selgelt näha, et kiire tootevahetuse korral muutub toodangumaht vahetuse kohta suhteliselt vähe.

Et tootevahetus jääks kehtima oma ajalistesse piiridesse, siis lisaks tootevahetuse tööoperatsioonide standardiseerimisele loodi ja parandati ka 5S standardeid. Täiendavalt loodi koristusstandard, mille käigus jagati tootmise maa-alad (Lisa 12) tootmistöötajate vahel ja kehtestati koristamise standard (Lisa 11). Kõikidest eelpool mainitud tegevustest

kinnipidamist kontrollitakse min. üks kord kuus ja tulemused kantakse protokoll (Lisa 10). 5S auditi protokoll on ka üheks aluseks muudatuste esiletoomisel ja parendustel.

4.2 Toodangu valmistamise kulu

Töös käsitletud parendusi arvestades, on muutunud ka tootmise tööjõu kulu maksumus pudeli kohta. Täiendavate seadmete lisamisega tulnud tootmisvõimekust on osaliselt raske arvutada, kuid lihtsustatuna võib öelda, et tänu lisandunud seadmetele ei pea enam tooteid puhvrissi pooltootena valmistama ja seega on tootmise tööjõukulu vähenenud 2 korda. Eelnevalt tehti pooltoode valmis, transporditi A-korpusse ja seal tõsteti pudelid karpidest välja liinile ning etiketiti ja pakendati uuesti.

Alljärgnevalt on teostatud tööjõukulu muutuse arvutus pudeli kohta just eelkõige timmitud tööriista SMED'i kasutamisest neljandal vahutootmisliinil.

Esmalt on vaja leida tootmisliini ööpäevane tootmiskaht. Alljärgnevates arvutustes on arvestatud 4 tootevahetust vahetuse kohta. Teised arvutuste tulemused on koondatud tabelisse 5.

Vahetuse kestvus on 8h ja tootmine toimub kolmes vahetuses, siis summaarne tööaeg on 24h.

Teades, et liini tootlikkus $W = 45$ pdl/min on väljendatav töömahu ehk vahupudelite arvu n ja vahupudelite täitmisele kuluva aja T suhtena:

$$W = \frac{n}{T} \quad (1)$$

Seosest (1) nähtub, et mingi aja jooksul täidetavate vahupudelite arv

$$n = W \cdot T$$

Vahupudelite täitmisele kuluv aeg koosneb kolmest komponendist:

$$T = t_s + t_r + t_t \quad (2)$$

kus:

t_s – liini seadistamise aeg, min;

t_r – liini remondi aeg, min;

t_t – vahupudelite tootmisaeg, s.o aeg, mis on ette nähtud vahupudelite partii tootmiseks (ilma seadistamata).

Kuna liin töötab ööpäevaringselt ja taastumisaeg on juba tootevahetuse aja sees, siis ühele tootevahetusele kuluv aeg t_s on 11 min.

Kogu seadistamistele kuluv aeg on leitav valemiga:

$$t_{sk} = t_s \cdot n_{tv} \cdot n_v \quad (3)$$

kus:

n_{tv} – tootevahetuste arv vahetuses;

n_v – vahetuste arv ööpäevas.

Kui:

$t_s = 11$ min;

$n_{tv} = 4$;

$n_v = 3$

siis:

$$t_{sk} = 11 \cdot 4 \cdot 3 = 132 \text{ min}$$

Kogu seadistustele kuluv aeg ööpäevas on 132 min.

Lisaks on lubatud igas tunnis 4 min eelkõige tehniliseks seisakuks. Seega on kogu tehnilistele seisakutele kuluv aeg ööpäevas leitav valemist:

$$t_{rk} = t_r \cdot t \cdot n_v \quad (4)$$

kus:

t – vahetuse kestvus.

Kui:

$t_r = 4$ min/h

$t = 8$ h;

$n_v = 3$

siis:

$$t_{rk} = 4 \cdot 8 \cdot 3 = 96 \text{ min}$$

Kogu tehnilistele seisakutele kuluv aeg ööpäevas on 96 min.

Järgnevalt avaldan seosest (2) kogu vahupudelite tootmisaja:

$$t_{tk} = T - t_{sk} - t_{rk}$$

kus:

$$T = t \cdot n_v \cdot 60$$

seega:

$$t_{tk} = t \cdot n_v \cdot 60 - t_{sk} - t_{rk}$$

kui:

$$t = 8;$$

$$n_v = 3$$

siis:

$$t_{tk} = 8 \cdot 3 \cdot 60 - 132 - 96 = 1212 \text{ min}$$

Vahupudelite tootmisaeg ööpäevas on 1212 min.

Nüüd saame avaldada valemist ööpäevase töömahu neljandal liinil:

$$n = W \cdot t_{tk}$$

$$n = 45 \cdot 1212 = 54540 \text{ pdl}$$

Peale SMED'i rakendamist, kui tootevahetusi n_{tv} on vahetuses 4 ja tootevahetuse kestvus t_s on 11 min, siis on võimalik ööpäevas toota 54540 pdl. Kui võrrelda saadud tulemust enne SMED'i rakendamise tulemusega, mis oli 31320 pdl, siis saadud tulemus on esialgselt 74% võrra suurem.

Iga ettevõtte eesmärk on olla konkurentsivõimeline. Üheks konkurentsivõime tagajaks antud juhul on toodangu ehk vahupudeli tootmise otseste kulude hind [13]. Järgnevas arvutustes kasutan ainult neljanda tootmisliiniga seotud tootmistöötajate palkasi koos kõikide kuludega. Teised kulud (pakend, täitematerjal jms) jätan siinkohal arvestamata, sest tootmise kiirus, ei muuda nende väärtust.

Tabel 5. Tootlikkuse ja tööhinde arutused enne ja pärast SMED-i läbiviimist

Üldine	Vahetuse pikkus t , h	8				
	Vahetuste arv ööpäevas n_v	3				
	Tööaeg, h	24				
	Liini tootlikkus W , pdl/min	45				
peale SMED'i	Tootevahetuste arv vahetuses n_{tv} , tk	1	2	3	4	5
	Tootevahetuse kestvus t_s , min	11				
	Tootevahetuste arv ööpäevas	3	6	9	12	15
	Seadistustele kuluv summaarne aeg, min	33	66	99	132	165
	Lubatud tehnilised seisakud tunnis t_r , min	4	4	4	4	4
	Tehniliste seisakute pikkus ööpäevas, min	96	96	96	96	96
	Tegelik tööaeg ööpäevas t_{tk} , min	1311	1278	1245	1212	1179
	Maks. toodetavad pudelid ööpäevas n , tk:	58995	57510	56025	54540	53055
enne SMED'i	Tootevahetuste arv vahetuses n_{tv} , tk	1	2	3	4	5
	Tootevahetuse kestvus t_s , min	52				
	Tootevahetuste arv ööpäevas	3	6	9	12	15
	Seadistustele kuluv summaarne aeg, min	156	312	468	624	780
	Lubatud tehnilised seisakud tunnis t_r , min	5	5	5	5	5
	Tehniliste seisakute pikkus ööpäevas, min	120	120	120	120	120
	Tegelik tööaeg ööpäevas t_{tk} , min	1164	1008	852	696	540
	Maks. toodetavad pudelid ööpäevas n , tk:	52380	45360	38340	31320	24300
Maksu- mus	4.liini tööjõukulu koos sm-ga kuus K_t , eur	25 574	25 574	25 574	25 574	25 574
	Tööjõu maksumus enne SMED'i e_v , EUR/pdl	0,023	0,027	0,032	0,039	0,050
	Tööjõu maksumus peale SMED'i e_v , EUR/pdl	0,021	0,021	0,022	0,022	0,023

Kõige olulisem näitaja tootmisüksuses on tööjõu erikulu ühe toodetava pudeli kohta, mille leian alljärgnevalt:

$$e_v = \frac{K_t}{n_k \cdot t_p} \quad (5)$$

kus:

K_t – neljanda tootmisliini tootmistöötajate ja sellega seotud inimeste palgakulu koos sotsiaalmaksuga kuus, EUR;

n_k – liini tootlikkus kuus, pdl;

t_p – tööpäevade arv kuus.

Kõikide tootmistöötajate tasud, kes töötavad neljandal vahutootmisliinil või on sellega seotud on toodud tabelis 6. Operaatoreid arvestan kokku neljandale liinile 3,75, sest igas

vahetuses on 1 operaator ja kõigi nelja liini kohta on veel 1 operaator kes annab puhkepause, mis aitab tagada liini töö nii puhke kui lõunapauside vältel. Samas on operaatorite vanemaid arvestatud 0,75 töökohta neljandale liinile, kuna nemad tegelevad oma vahetuses üksi kõigi nelja tootmisliiniga.

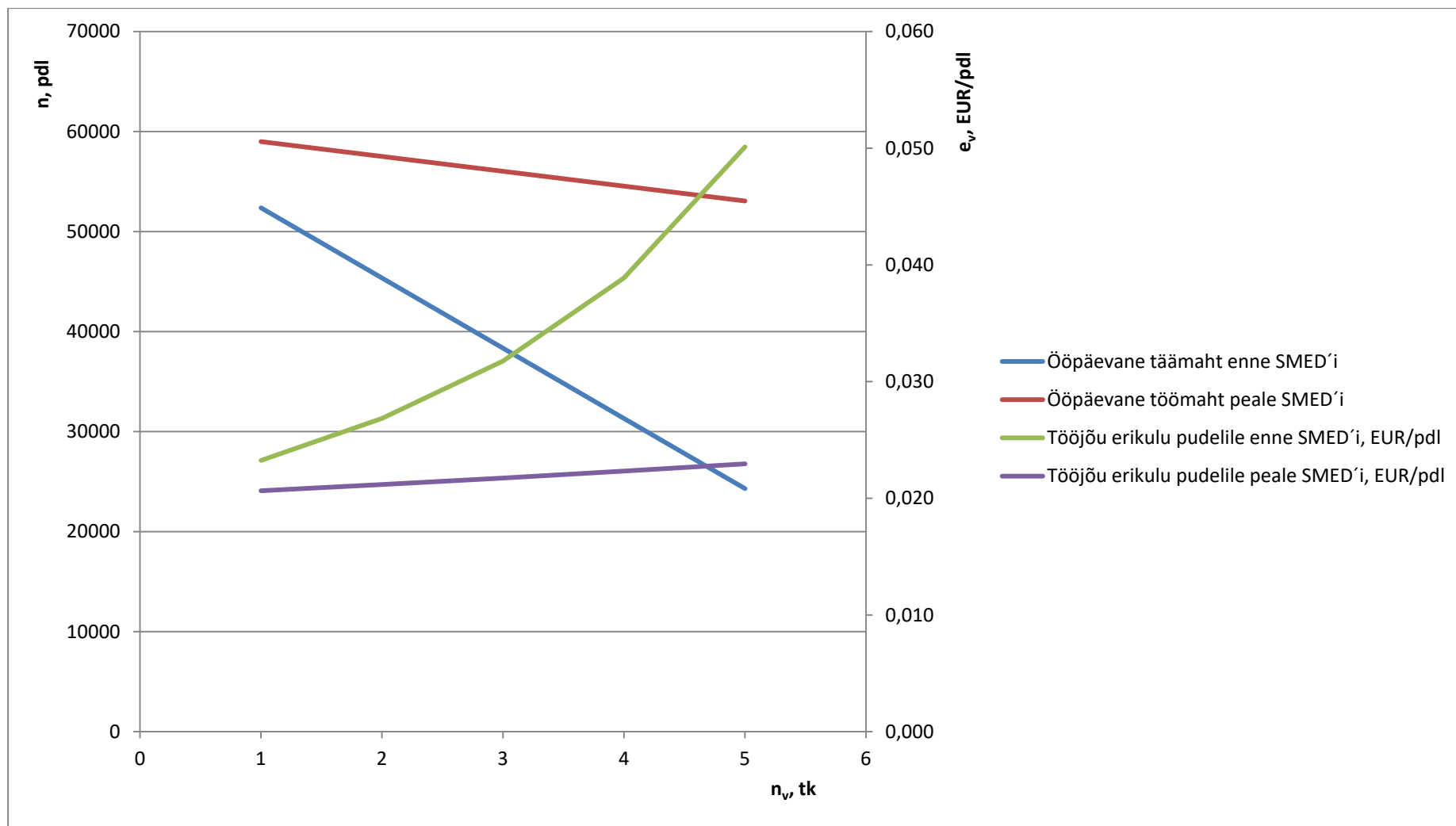
Tabel 6. Neljanda vahutootmisliini töötasud

Amet	Töökohtade arv	Tasu koos tulemustasuga	Palk	Palk koos sots.maks 33%
Operaator	3,75	1 325 €	4 969 €	6 623 €
Operaatorite vanem	0,75	1 705 €	1 279 €	1 705 €
Liinitöötaja	9	1 135 €	10 215 €	13 617 €
Liinitöötajate vanem	0,75	1 705 €	1 279 €	1 705 €
Meister	0,75	1 925 €	1 444 €	1 925 €
			Kokku:	25 574 €

$$e_v = \frac{25574}{54540 \cdot 21} = 0,022 \text{ EUR/pdl}$$

Töøjõu erikulu ühe pudeli kohta on 0,022 EUR.

Eelneva arvutuste põhinätajad – ööpäevane töömaht n ja tootmise töøjõu erikulu e_v on koondatud illustreerivalt joonisele 20, kus mõlemad näitajad on näha nii enne kui pärast SMED'i läbiviimist neljandal vahutootmisliinil.



Joonis 20. Liini tootlikkuse ja tööjõukulu muutus enne ja peale SMED'i rakendamist

Neljanda tootmisliini kiirus W on 45 pdl/min ehk 2700 pdl/h. Arvestades vahetuse kestvuseks t 8 h ja kuni 4 tootevahetust n_v vahetuses, siis on võimalik toota peale SMED'i rakendamist 54540 pdl ööpäevas. Võrreldes eelnevaga, mis oli 31320 pdl/vahetuses on nüüd võimalik toota vahetuses 74,1% rohkem. Kindlasti ei olnud iseenesest kaua kestev kaaluvahetus probleemiks siis, kui oli vaja teha 1 kaaluvahetus ööpäevas, aga tänases turusituatsioonis, kus kliendid tellivad aina rohkem erinevaid tooteid ja väiksemates kogustes on kiire tootevahetus vägagi oluline. Lisaks muutus tööjõukulu maksumus pudeli kohta 44% soodsamaks. Arvestades seda, et tööjõu kulu arvutamisel lähtusin ainult mõõdetavast väärtusest, ehk kiiremast tootevahetuse ajast, siis tegelikult on tööjõukulu pudeli kohta läinud veel väiksemaks kui arvestada kõiki neljandal liinil tehtud parendusi. Samuti võib järeldada, et SMED on pidev protsess ja *lean* tootmises pidevas kasutuses olev tehnika. Iga aktsiooni järel tootevahetuseks kuluv aeg väheneb. Esimestel kordadel väga suures ulatuses, hiljem aga aina vähem ja vähem. Kõik tegevused, mis kas suurendavad tootmise võimekust, vähendavad tootevahetuse kestvust ehk vähendavad raiskamist – tegelikkuses vähendavad hoopis ettevõtte kulutusi ehk suurendavad kasumit.

KOKKUVÕTE

Ettevõtte, konkureerides teiste ettevõtetega, on konkurentsivõimeline siis, kui ta suudab ennast kiiresti ümber kohandada vastavalt turu nõudlustele. Ettevõtte juhtkond otsustas ühe tootmisliini ja osa suurte partiidega valmistatavaid tooteid üle viia Tallinna tehase Venemaa tehasesse. Sellest lähtuvalt oli töö eesmärk rekonstrueerida neljas vahutootmisliin selliselt, et oleks võimalik valmistada erinevaid tooteid ka väikestes partiides.

Võimekus saavutati liinile täiendavate investeeringute tegemise ja tootmise ümberkorraldamisega. Selle tarbeks lisati liinile mitu uut seadet. See andis võimaluse teha edaspidi tooteid kohe algusest lõpuni valmis ilma, et oleks pidanud kauba võtma vahepeal pooltootena arvele. Ja sellega ei raisata hiljem nende lõplikuks tootmiseks teise tootmisliini ressursi. Samuti lisati ka liini konveieritele sellised puhvrid, mis võimaldaksid tõrgeteta töötamise ka siis, kui järgmises etapis lisatakse materjali. Kogu liini ümberkavandamisel arvestati materjalide liikumiseks vajalike aladega.

Väikeste partiidega tootmine tähendab palju tootevahetusi, siis põhiline väljakutse oli tootevahetusaegade lühendamises. Autor uuris erinevaid timmitud tootmise tööriistasid ja juba eelnevalt kasutatud töövõtteid ning praktikaid. Timmitud tööriistade valikul lähtus autor vaadeldava ettevõtte tootmise eripärast.

Tootevahetuste vähendamiseks kasutab autor Jaapani autotööstuses väljatöötatud SMED tehnoloogiat. Töös annab autor ülevaate SMED'i rakendamisest ja selle erinevate etappide kohandamisest vaadeldava ettevõtte kontekstis.

Tehtud töö tulemuseks saavutas autor tänu valitud meetoditele tootevahetusajaks 52 minuti asemel 11 minutit. Tehes neli tootevahetust vahetuses, siis esialgselt suurenes tootlikkus 74%. Tänu kiirele tootevahetuse ajale on paranenud tootmises tööaja kasutus ehk suurenenud väärtust lisav aeg. Peale parendusi uus tööjõukulu maksumus ühe toodetava vahupudeli kohta, nelja tootevahetuse korral vahetuses, on 0,022 EUR/pdl ehk vähenenud 43% võrra.

Kindlasti ei ole antud tulemus lõplik. Hetkel teostatakse SMED analüüsid ka kõikidel teistel tootmisliinidel. Kui tootmine on saavutanud vajaliku efektiivsuse, siis on võimalik loobuda kolmandast ehk öisest vahetusest, mis omakorda vähendab veelgi tootmise tööjõukulu pudeli kohta.

SMED metoodika pole mõeldud ainult tootmisettevõtete jaoks, seda võib kasutada ka paljudes teistes valdkondades.

SUMMARY

The company is in a competition with other major manufactures and is competitive if it is able to quickly adapt itself to market demands. The decision of the company's management was to remove one of the production lines from the Tallinn factory to the Russian factory, as well as a part of the products that were manufactured on the fourth production line with large batches. Accordingly, the aim of the work was to reconstruct the fourth foam production line in such a way that it would be possible to produce different products in small batches.

Capacity was achieved through extra investments and production restructuring. For this purpose, several new devices were installed to the line. This made it possible to make the products ready from the beginning to the end without having to take the half-finished to inventory. It also meant that there is no need to finish the production in the other line. Also, the line buffers were added to lines to allow smooth operation even when the material is added meanwhile. The redevelopment of the whole line took into account the areas necessary for the movement of materials.

The production of small batches means a lot of product exchanges so the main challenge was shortening the production exchanges. The author studied various Lean production tools and methods, practices that are already in use somewhere. The author choose the method that would specifically fit to companies production.

To reduce the time of product exchange, the author uses the SMED technology developed by the Japanese automotive industry. The author gives an overview of the implementation of SMED and the adaptation of its various stages in the context of the company under review.

As a result of the solution, the product exchange takes 11 minutes instead 52 minutes before. By doing four product shifts, the initial increase in productivity is 74%. Due to the rising speed of product exchange, the use of working time has increased and according to

this, the time of adding value has increased. In addition of the improvements, the new cost of labor costs per one manufactured foam can, in the case of four product exchanges, is EUR 0.022 per bottle, which is compared to earlier time, decrease 43%.

Certainly, this result is not final. Currently, SMED analyzes are also performed on all other production lines. If the production has achieved the necessary efficiency, it is possible to abandon the third or night shift, which in turn will further reduce the production cost per bottle.

The SMED methodology is not just for manufacturing companies, it can also be used in many other areas.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Kabral, H.-E.** (1992). Tootmisprotsess tööstusettevõttes. Tallinn: TTÜ õppevahend. 141 lk.
2. Kiire tootevahetus SMED tehnikaga. <http://www.tjo.ee/kiire-tootevahetus-smed-tehnikaga> Kättesaadav 24.03.2018.
3. N. Rao. [Võrgumaterjal]. Smed systems explained. Available: <http://nraoiekc.blogspot.com/2012/06/smed-systemshigeo-shingos-explanation.html>. Kättesaadav 02.02.2018.
4. **Oakland, J. S.** (2006). Terviklik kvaliteedijuhtimine. Teooria ja praktika. Tallinn: Kirjastus Külim. 483 lk.
5. **Olt, J., Nikolajev, M.** (2009). Tootearendus Õppeprogramm. Tartu Teaduspark. 198 lk.
6. **Olt, J., Maksarov, V.** (2008). Tootearendus ja toodangu kvaliteet. Tartu. EMÜ. 131 lk.
7. **Pahl, G., Beitz, W.** (2007). Engineering Design. A Systematic Approach Third Edition. 617 lk.
8. **Reid, R. D.,** (2002). Sanders, N. R. Operations Managment. New York: Jphn Wiley & Sons Inc. 614 lk.
9. **Shingo, S.** (1985). A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Cambridge: Productivity Press. 361 lk.
10. SMED – Ümberseadistamine mõne minutiga. <http://leanway.ee/smed> Kättesaadav 24.03.2018
11. **Soni, A., Nicholas J.** (2005). "Quick Changeover." In *The Portal to Lean Production: Principles and Practices for Doing More with Less*. New York: Auerbach Publications. 160 lk.
12. Strategos International, „Strategos,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.strategosinc.com/nbodek.htm>. [Kättesaadav 02.05.2018].
13. Krimelte lühitutvustus <http://www.krimelte.ee/et/ettevotteest>, Kättesaadav 24.03.2018
14. **Ulrich, K., Eppinger, S.** (2000). Product design and development. Second edition. 358 lk.
15. **Vonderembse, M. A., White, G. P.** (1996). Operations Managment. Concepts, Methods and Strategies. Third editions. Minneapolis: West Publishing. 845 lk.

16. **Weber, R.** (2015). Lean is for everyone. – Trailer / Body Builders. Vol. 56, Issue 3, pp. 42-45.
17. **Womack, J. P., Jones, D. T.** (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. London: Simon & Shuster UK Ltd. 396 lk.
18. **Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D.** (2010). Masin, mis muutis maailma. Kuidas tõmmatud tootmine tõi pöördet ülemaailmsesse autosõdadesse. Tallinn: Külim Kirjastus. 337 lk.

LIHTLITSENTS

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks (avaldamise tähtajatu piirang) ning juhendaja(te) kinnitus töö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Veiko Ilumäe,

(sünnikuupäev 06/05/1980)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö
NELJANDA VAHUTOOTMISLIINI REKONSTRUEERIMINE,

mille juhendaja on Prof. Jüri Olt,

salvestamiseks säilitamise eesmärgil, sh digitaalarhiivis DSpace säilitamise eesmärgil, kuni
autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2) olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3) kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 28.05.2018

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

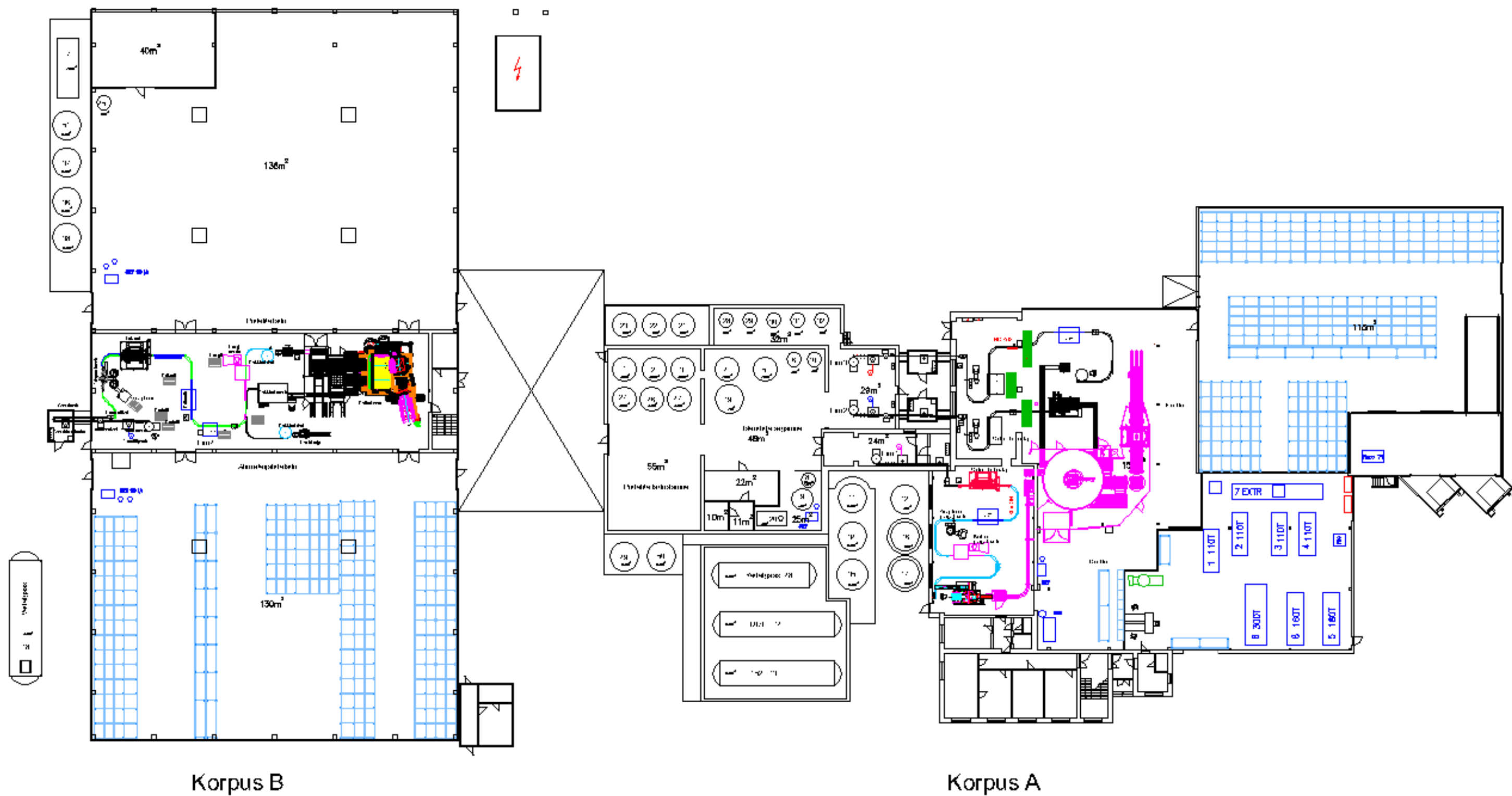
(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

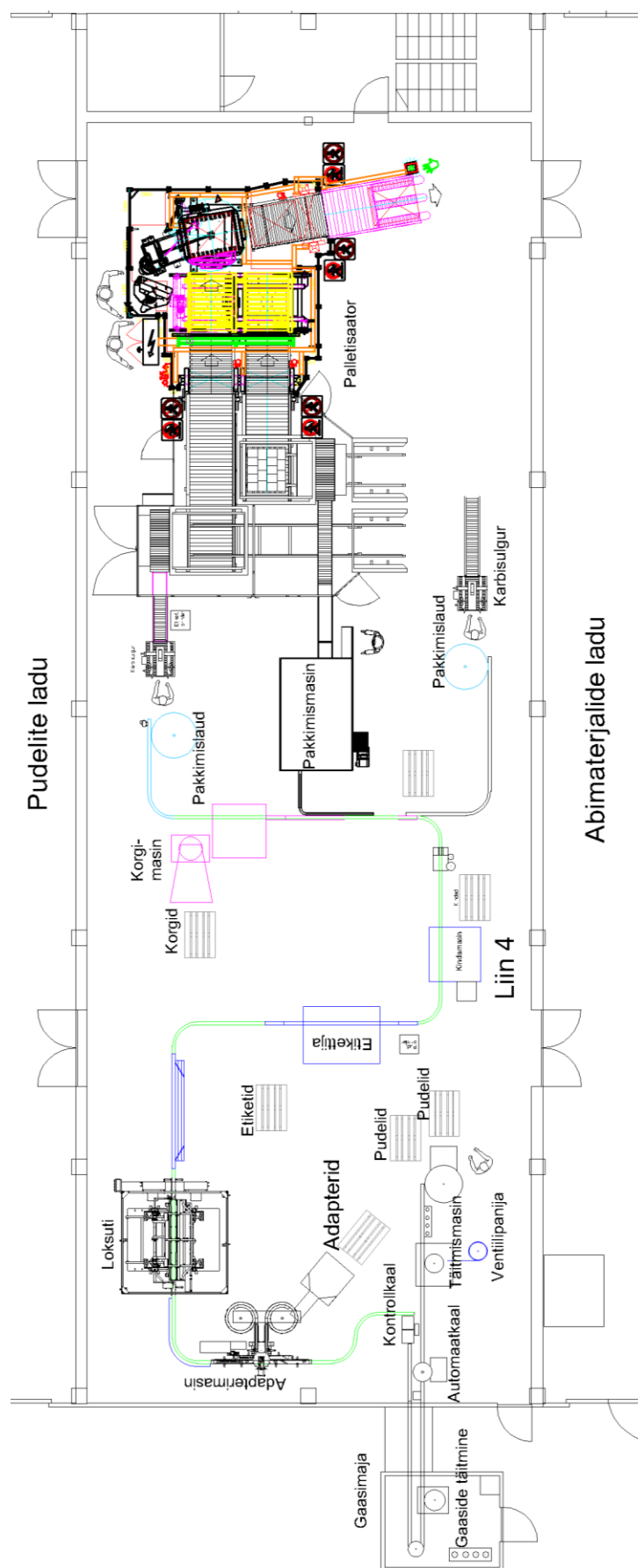
(kuupäev)

LISAD

LISA 1. Tootmisüksuste A ja B layout



LISA 2. Neljanda vahutootmisliini layout

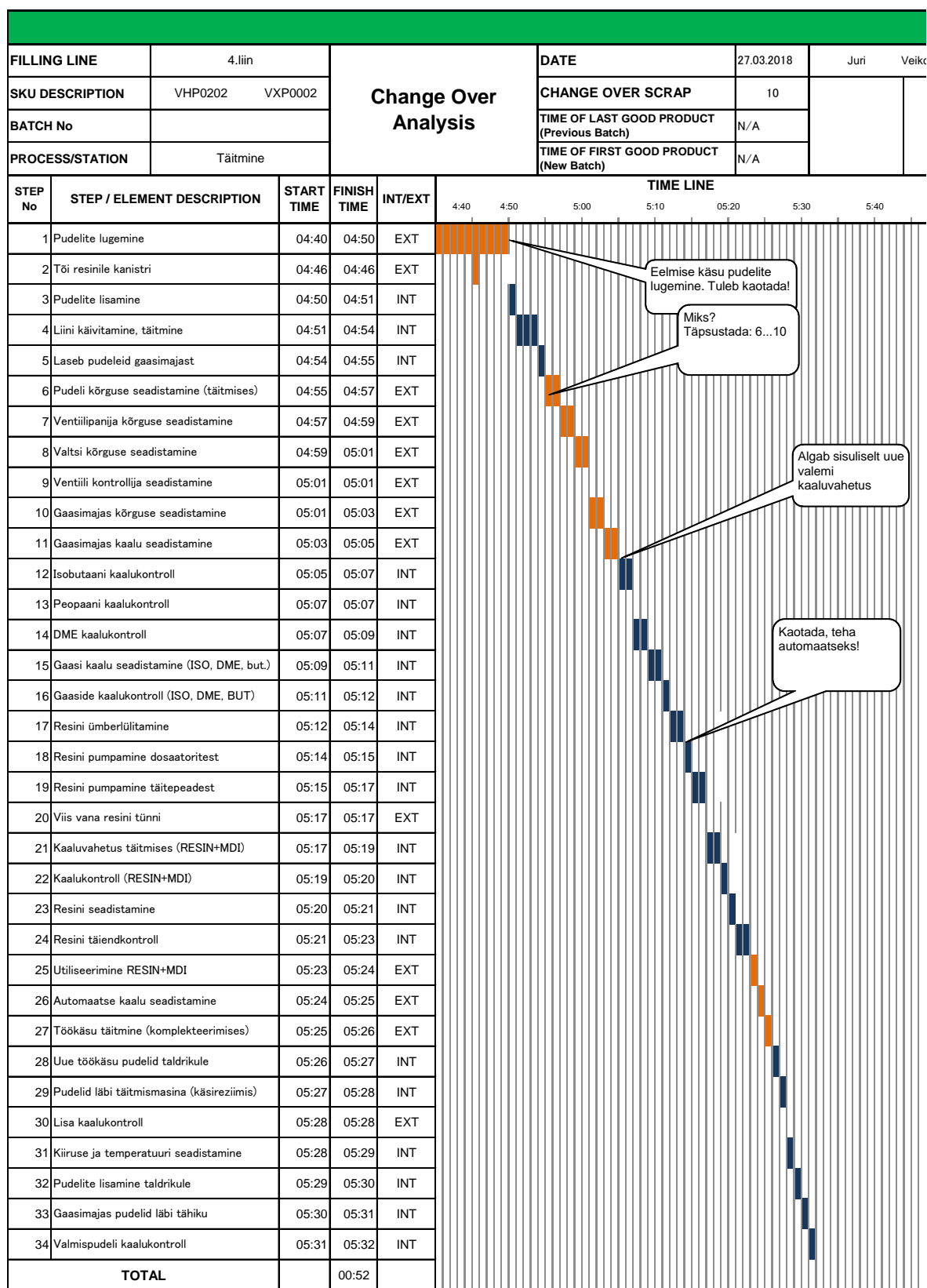


LISA 3. Esmane tootevahetuse mõõdistusprotokoll

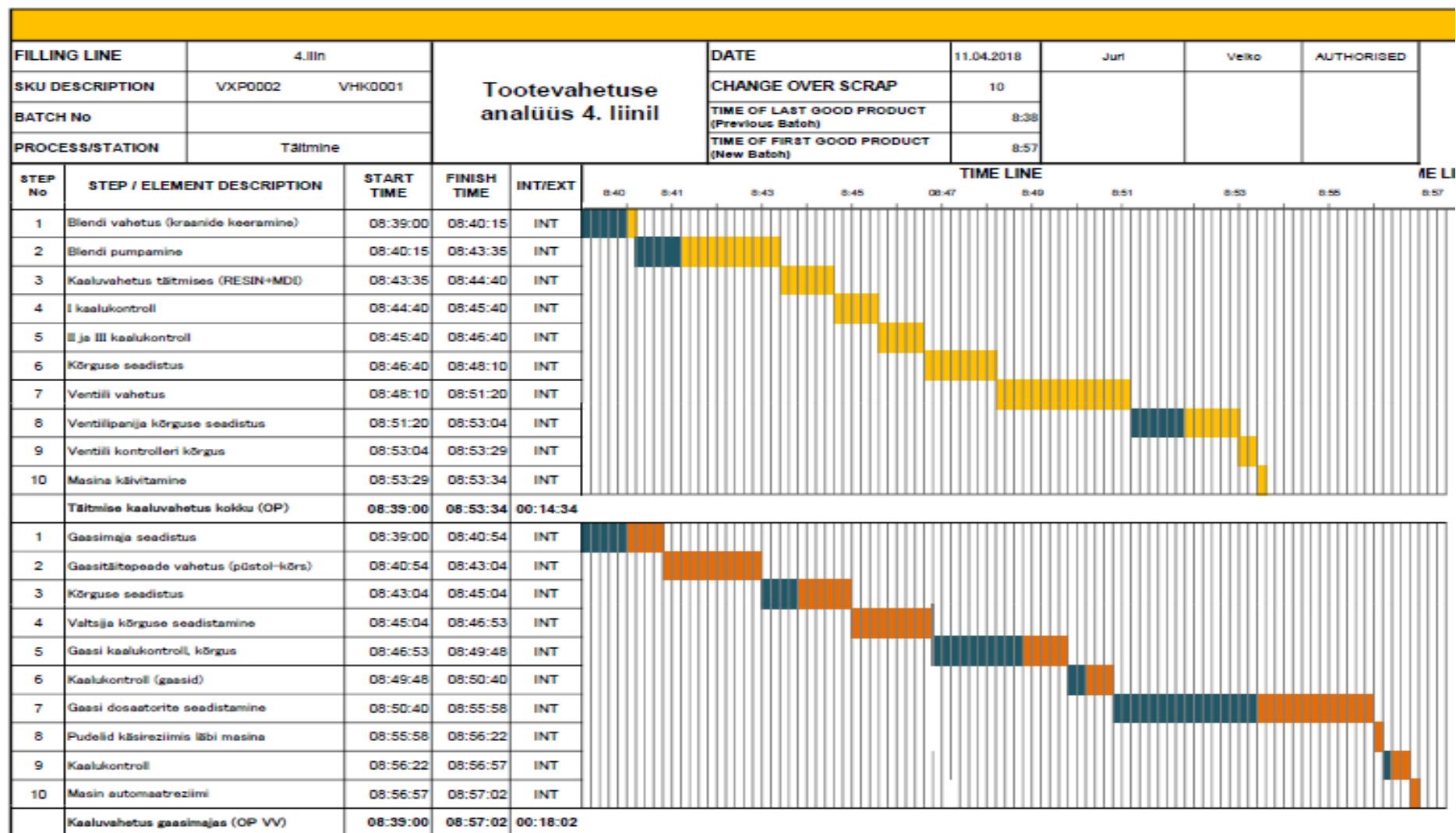
Tootevahetuse jälgimise leht							
		Kuupäev: 27.03.2018		Operaator: Ilmar		Eelmine valem: VHP0202	
		Tootmisliin/seade: 4.liin		Meister: Juri		Uus valem: VXP0002	
Nr.	Tegevus	Algus (aeg)	Lõpp (aeg)	Kestvus (aeg)	Kategooria		*Kommentaari raiskamiste jne. kohta
					Sisemine	Välimine	
1	Pudelite lugemine	4:40	4:50	0:10		x	Ettevalmistus tehtud, operaator seisab
2	Tõi blendile kanistri	4:46	4:46	0:00:15		x	
3	Pudelite lisamine	4:50	4:51	0:01	x		Enamus on taldrikul, lisas 12pdl
4	Liini käivitamine, täitmine	4:51	4:54	0:03	x		Käitsi start-stop
5	Laseb pudelid gaasimajast	4:54	4:55	0:01	x		Puhastas jooksvalt villimispäid
6	Pudeli kõrguse seadistamine (täitmises)	4:55	4:57	0:02		x	Kahe käega korraga, ebamugav
7	Ventiilipanija kõrguse seadistamine	4:57	4:59	0:02		x	
8	Valtsi kõrguse seadistamine	4:59	5:01	0:02		x	
9	Ventiili kontrollija seadistamine	5:01	5:01	0:00:05		x	
10	Gaasimajas kõrguse seadistamine	5:01	5:03	0:02		x	Must, puudub käepide
11	Gaasimajas kaalu seadistamine	5:03	5:05	0:02		x	Info lehelt, DME dosaatori tõrked
12	Isobutaani kaalukontroll	5:05	5:07	0:02	x		
13	Peopaani kaalukontroll	5:07	5:07	0:00:30	x		
14	DME kaalukontroll	5:07	5:09	0:02	x		
15	Gaasi kaalu seadistamine (ISO, DME, but.)	5:09	5:11	0:02	x		
16	Gaaside kaalukontroll (ISO, DME, BUT)	5:11	5:12	0:01	x		
17	Blendi ümberlülitamine	5:12	5:14	0:02	x		
18	Blendi pumpamine dosaatoritest	5:14	5:15	0:01	x		Käitsi, kanistrisse
19	Blendi pumpamine täitepeadest	5:15	5:17	0:02	x		
20	Viis vana resini tünni	5:17	5:17	0:00:20		x	
21	Kaaluvahetus täitmises (Blend+MDI)	5:17	5:19	0:02	x		Esmalt arvutas kaalu
22	Kaalukontroll (Blend+MDI)	5:19	5:20	0:01	x		
23	Blendi seadistamine	5:20	5:21	0:01	x		
24	Blendi täiendkontroll	5:21	5:23	0:02	x		Teeb 3-4 korda
25	Utiliseerimine RESIN+MDI	5:23	5:24	0:00:30		x	
26	Automaatse kaalu seadistamine	5:24	5:25	0:01		x	
27	Töökäsu täitmine (komplekteerimises)	5:25	5:26	0:01		x	
28	Uue töökäsu pudelid taldrikule	5:26	5:27	0:01	x		
29	Pudelid läbi täitmismasina (käsirežiimis)	5:27	5:28	0:01	x		
30	Lisa kaalukontroll	5:28	5:28	0:00:30		x	Igaks juhuks
31	Kiiruse ja temperatuuri seadistamine	5:28	5:29	0:01	x		Blendi temp pole veel paigas, kaal kõigub
32	Pudelite lisamine taldrikule	5:29	5:30	0:00:30	x		
33	Gaasimajas pudelid läbi tähiku	5:30	5:31	0:01	x		
34	Valmispudeli kaalukontroll	5:31	5:32	0:01	x		
Aeg kokku				0:52:25			

*NB! Kõrvalekaldeid too eraldi välja ja kommenteeri

Lisa 4. Esmane tootevahetuse operatsiooniaegade graafik



Lisa 5. SMED'i operatsiooniaegade graafik



LISA 6. SMED-töögrupi protokoll

Krimelte Kaizen Workshop Area Profile

Team # : 1

Event Description:

Tootevahetus 4.liinil

Event Dates:

09.04...11.04.2018

Preliminary Objectives:

Peamine eesmärk: Tootevahetus ei kesta rohkem kui 10 min

Vähendada operaatoril jalutamisele kuluvat aega

Puudub pudelite kaal gaasimajas - vaja EX tähisega kaalu, et võita aega.

Luuu töökohale 5S - korrastada ja luua õige koht õiges koguses tööriistadele

Luuu koristusgraafik - määratleda jooksvad ja vahetuse lõpus tööala koristustegevused

Kui tootevahetus kestaks alla 10 min, siis poleks probleem teha vahetuses 5 tootevahetust.

Team:

Team leader Veiko

Co leader Juri

Team
Dimenti;
Rain;
Deniss;
Mairold;
Aarne;
Aleksander;
Kätlin;
Aleksandra;
Dmitri

Production Requirements (Takt Time):

	Jaauar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni
1 shift						
2 shift	16000	16000	16000	16000	16000	16000

Consultant:

Facilitator:

Lauri Säarits

Process Information:

Tootevahetus

Töiteastme muutus

Ventilivahetus

Resini vahetus

Ainete vahetus

Kontrollkaalumise täitmise

Kaaluvahetus gaasimajas

Kontrollkaalumise gaasimajas

Dokumentatsiooni täitmine

Jäädada, praagi jms utiliseerimine, koristamine

Current Situation and Problems

Hetkel kaaluvahetus 52 min

Hetkel operaatoril kulub palju aega jalutamisele, millest enamus on pudelite kaalumise

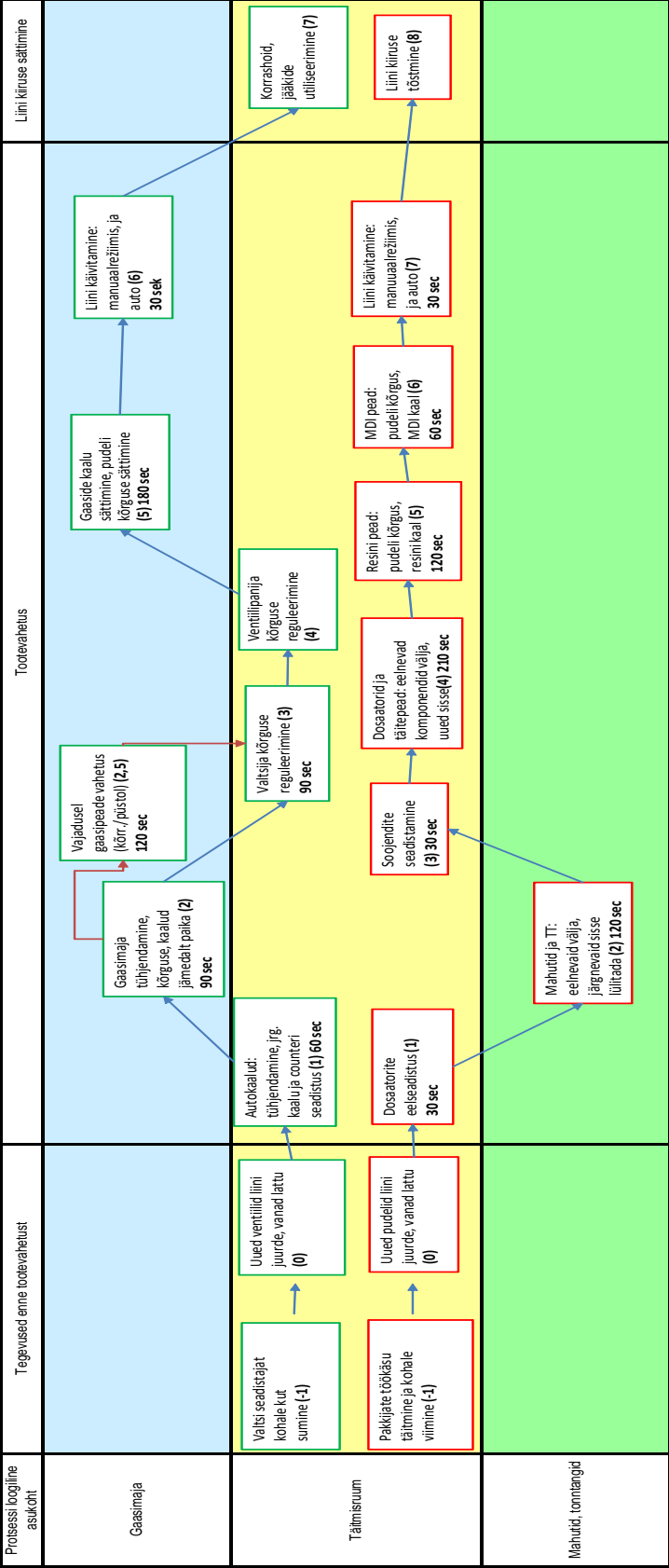
Tööriistad ei asu oma kohal sorteerituna, neid tuleb ka otsida töökohal puudub 5S standard ja ka selle kontroll

LISA 7. SMED'i tootevahetuse mõõdistusprotokoll

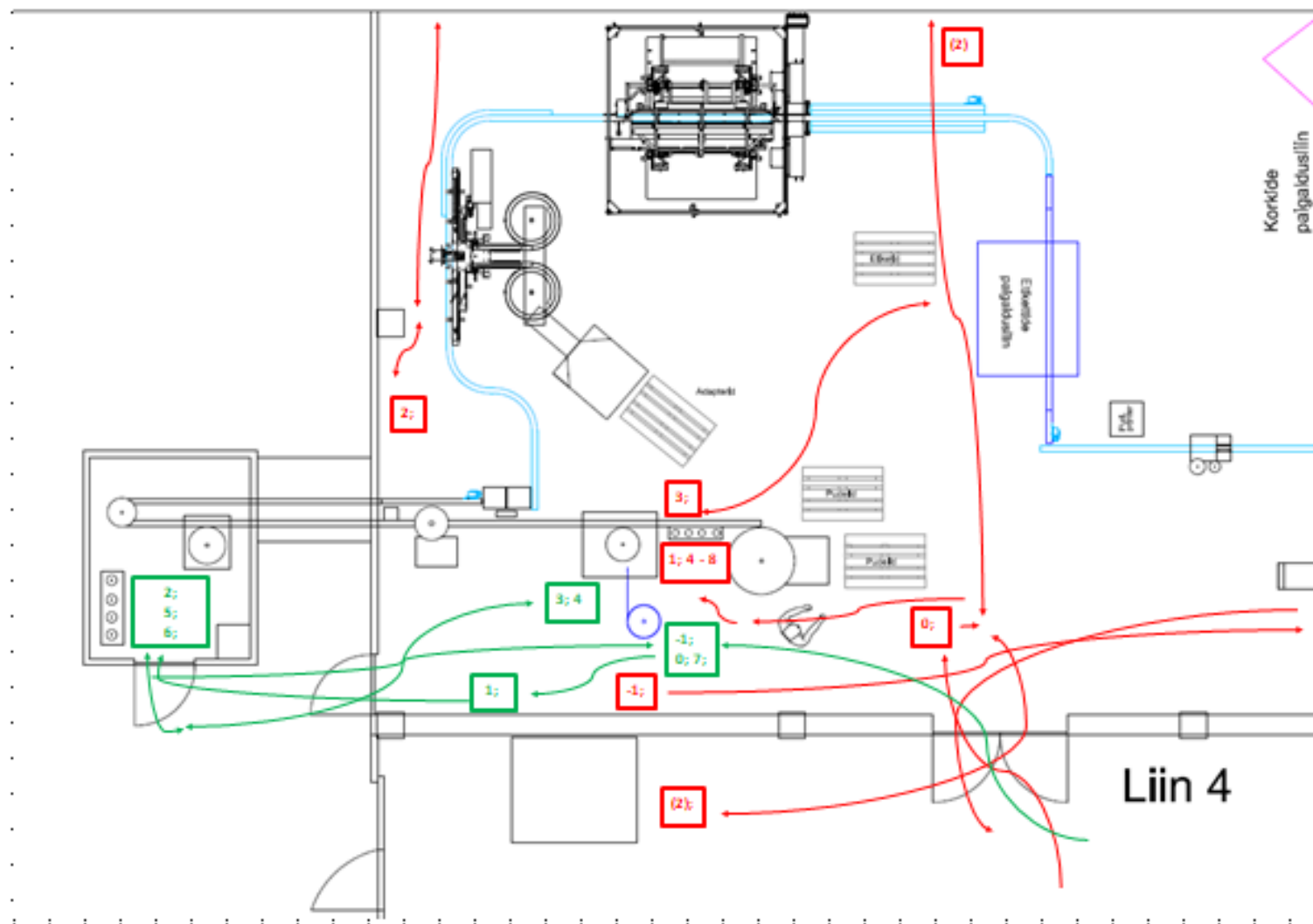
Tootevahetuse jälgimise leht								
Kuupäev: 12.04.2018			Operaator: Ilmar			Eelmine valem: VHP0202		
Tootmisliin/seade: 4.liin			Meister: Juri			Uus valem: VXP0002		
Nr.	Tegevus	Algus (aeg)	Lõpp (aeg)	Kestvus (aeg, sek)	Kategooria		*Kommentaarid	
					Sisemine	Välimine	raiskamiste jne. k	Eeldatav sääst
1	Blendi vahetus (kraanide keeramine)	8:39:00	8:40:15	00:01:15	x		Vaja teha jaotuskollektor ja elektro/pneumaatiline juhtimine	00:01:05
2	Blendi pumpamine	8:40:15	8:43:35	00:03:20	x		Vahekraanid	00:01:00
3	Kaaluvahetus täitmises (RESIN+MDI)	8:43:35	8:44:40	00:01:05	x			
4	I kaalukontroll	8:44:40	8:45:40	00:01:00	x			
5	II ja III kaalukontroll	8:45:40	8:46:40	00:01:00	x			
6	Kõrguse seadistus	8:46:40	8:48:10	00:01:30	x			
7	Ventiili vahetus	8:48:10	8:51:20	00:03:10	x			
8	Ventiilipanija kõrguse seadistus	8:51:20	8:53:04	00:01:44	x		Ühele sambale	00:01:00
9	Ventiili kontrolleri kõrgus	8:53:04	8:53:29	00:00:25	x		Ühele vardale	00:00:25
10	Masina käivitamine automaatrežiimis	8:53:29	8:53:34	00:00:05	x			
				00:14:34	x			00:03:30
13	Gaasimaja seadistus	8:39:00	8:40:54	00:01:54	x		Vaja kaalu gaasimajja	00:01:00
14	Gaasitäitepeade vahetus (püstol-kõrs)	8:40:54	8:43:04	00:02:10	x			
15	Kõrguse seadistus	8:43:04	8:45:04	00:02:00	x		Hoob, kaitse, määre, re	00:01:00
16	Valtsija kõrguse seadistamine	8:45:04	8:46:53	00:01:49	x			
17	Gaasi kaalukontroll, kõrgus	8:46:53	8:49:48	00:02:55	x		Vaja kaalu gaasimajja	00:02:00
18	Kaalukontroll (gaasid)	8:49:48	8:50:40	00:00:52	x		Vaja kaalu gaasimajja	00:00:30
19	Gaasi dosaatorite seadistamine	8:50:40	8:55:58	00:05:18	x		Ilmnes probleem DME ja isobutaaniga, Vaja kaalu gaasimajja	00:04:00
20	Pudelid käsirežiimis läbi masina	8:55:58	8:56:22	00:00:24	x			
21	Kaalukontroll	8:56:22	8:56:57	00:00:35	x		Vaja kaalu gaasimajja	00:00:20
22	Masin automaatrežiimi	8:56:57	8:57:02	00:00:05	x			
				00:18:02	x			00:08:50
Aeg kokku								

*NB! Kõrvalekaldeid too eraldi välja ja kommenteeri

LISA 8. Tootevahetuse standardtöö kaart (SOP)



LISA 9. Tootevahetuse standardtöö spageti diagram



LISA 10. 5S auditi protokoll (30.04.2018)

5S kontrollküsimustiku leht

Vaht

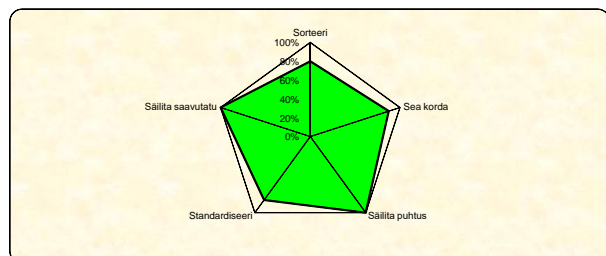
1 = jah 0 = ei

	Kontrollküsimused	Kontrollitav ala : 4.liin	Kuupäev:30.04.2018	
Vahetus: I	Operator: Sergei	Auditeerijad: Veiko; Ivo; Juri		
	Kontrollitavad punktid	Kommentaariid/vaatlustulemused	Parim tulemus	Hinnang
SEIRI - SORTEERI	1) Kontrollitaval alal ei ole ettenähtud töö jaoks mittevajalikke esemeid?		1	1
	2) Kas kontrollitaval alal olevad esemed on märgistatud nõuetekohaselt?		1	1
	3) Kas kontrollitaval alal ei leidu esemeid, mida ei kasutata regulaarselt?	Atsetooni kogumiskanister täitmises	1	0
	4) Kas on olemas koht tööriistade, jääkmaterjalide jms jaoks, mida ei kasutata regulaarselt?		1	1
	5) Kas on olemas ala mittevastavate (vigased, praagid) materjalide jaoks?		1	1
		Võimalik punktisumma	5	4
SEITION - SEA KORDA	1) Kas prügi konteinerid, raamid, seadmed jne on märgistatud ja ettenähtud kohal?		1	1
	2) Kas kontrollitaval alal on vajalik dokumentatsioon ettenähtud kohal?		1	1
	3) Kas tooted, pooltooted, abimaterjal jms on kõik ladustatud selleks ettenähtud kohta?		1	1
	4) Kas õhu, vaakumi ning elektrijuhtmete ühendusi on visuaalselt hea vaadata ja tehniliselt heas korras?		1	1
	5) Kas tööalas leidub isiklikke ning mitte tööks vajalikke asju (joogipudelid, telefonid jms)?	Joogipudel tööalal	1	0
	6) Kas põranda märgistused on heas korras?		1	1
	7) Kas printerid on korras, hooldatud ja puhtad (ei tilgu tinti)?		1	1
	8) Kas seinetl/tahvritel paiknevad lehed jm materjal on organiseeritud ja info ajakohane?		1	1
		Võimalik punktisumma	8	7
SEISO - SÄILITA PUHTUS	1) Kas põrand on puhas ja heas korras?		1	1
	2) Kas laudad, riivid, seadmed ja kapid on pealt puhtad ja tolmuvabad?		1	1
	3) Kas tööpinkidel, masinate ja seadmetel ei ole üleliigsed silte, materjale, muid materjale?		1	1
	4) Kas pumpade ja täitmismasina alune on puhas?		1	1
	5) Kas tökohad ja seadmed on piisvalt puhtad ja seal ei ole ümberringi prügi?		1	1
	6) Kas kontrollitaval alal asuvad prügi kastid on puhtad?		1	1
	7) Kas seadmete hooldused on läbi viidud õigeaegselt?		1	1
		Võimalik punktisumma	7	7
SEIKETSU - STANDARDISEE RI	1) Kas materjali karbid, mida hetkel ei kasutata on suletud asendis?		1	1
	2) Kas seinte ääres, seadmete kõrval jne ei asu esemeid, mis seal ei peaks olema?	Papid sein ja veetoru vahel	1	0
	3) Kas tooteid käsitletakse vastavalt nõutule. Kas kasutatakse nõutud juhendeid?		1	1
	4) Kas kasutatakse ettenähtud isikukaitsevahendeid?		1	1
	5) Seadmeid puhastatakse ja koristusgraafikut täidetakse vastavalt nõuetele.		1	1
	6) Kas turvaseadmete (tulekustutid, varuväljapääsud jms) alad on nõutava märgistusega. Kas ligipääs on tagatud?		1	1
		Võimalik punktisumma	6	5
SHITSUKE - SÄILITA SAAVUTATU	1) Kas koristamine/puhastamine toimub ettenähtud tabeli alusel?		1	1
	2) Kas tuleõrjevoolikutele on ligipääs vaba?		1	1
	3) Kas kõik töötajad on läbinud 5S koolituse?		1	1
	4) Kas seadmed, mida ei kasutata, on välja lülitatud (kui ei ole nõutud teisiti)?		1	1
	5) Kas võrreldes eelmise auditiga on olukord paranenud?		1	1
		Võimalik punktisumma	5	5

	ROHELINE: (100%) - Vastab 5S standardile
	KOLLANE: (91-99%) - Esineb mõningaid puudusi
	PUNANE: (90% või vähem) - Ei vasta 5S standardile

Parendusettepanekud

Saadud punktisumma **28**
 Võimalik maksimaalne punktisumma **31**
 Saadud punktisumma protsentuaalselt % **90%**



Lisa 11. Vahuliinide iga vahetuse koristusgraafik

1 - 4 liini koristusgraafik													
Iga vahetuse koristusgraafik - koristatakse jooksvalt ja iga vahetuse lõpus. Järgmisele vahetusele antakse üle korrektne ja töökorras liin. NB! Pudeli(te) lõhkemisel ja/või ainete masinasse sattumise tagajärgede kohene likvideerimine.				Allkirjad									
				Nädal 16					Nädal 17				
Operaatorid: tegevused 1-2				16.apr	17.apr	18.apr	19.apr	20.apr	23.apr	24.apr	25.apr	26.apr	27.apr
Tegevused		Kirjeldus		Aeg									
1	Jooksev puhastus / koristus	Täitmismasina ja selle ümbruse (eest, tagant, alt, pealt) ja gaasimaja üldkoristus		5 min	H:	H:	H:	H:	H:	H:	H:	H:	H:
		Täis jäätmetünnide kontroll, markeerimine ja ettevalmistamine äraveoks. Täis, suletud ja õigesti markeeritud tünni viib ära laomees.											
		Jääkide utiliseerimine, pappkonteineri tühjendus papipressi, täis prügikastide/kottide vahetus.											
		Tööala korrashoid vastavalt 5S standardile - (kõik kaubad ja materjalid asuvad seal, kus on nende ettenähtud koht, tööriistad ja töölaud on puhas ning korras)			Õ:	Õ:	Õ:	Õ:	Õ:	Õ:	Õ:	Õ:	Õ:
2	Jooksev kontroll	Lekete kontroll, tähistuse kontroll (avastamisel kohe teavitada vahetusvanemat) Rippuvatest kaablitest / voolikutest teavitamine											
				Operaatorite vahetusvanema kontroll:									
Liinitöötajad: tegevused 3-4				16.apr	17.apr	18.apr	19.apr	20.apr	23.apr	24.apr	25.apr	26.apr	27.apr
Tegevused		Kirjeldus		Aeg									
3	Jooksev puhastus / koristus	Pakenduse ala (alates liini kaalust kuni pakkimisrobotini/palletisaatorini) üldkoristus;		5 min									
		Jääkide utiliseerimine, täis prügikastide/kottide vahetus											
		Pressitavate pappkonteinerite tühjendamine papipressi (laomehele teavitamine ja ülesande täitmise jälgimine)											
		Tööala korrashoid vastavalt 5Sstandardile - (kõik kaubad ja materjalid asuvad seal, kus on nende ettenähtud koht, töölaud ja töövahendid on puhas ja korras jne)											
4	Jooksev kontroll	"Lekete kontroll, tähistuse kontroll (avastamisel kohe teavitada vahetusvanemat) Rippuvatest kaablitest / voolikutest teavitamine"											
				Liinitöötajate vahetusvanema kontroll:									

Lisa 12. Neljanda liini koristusalade jaotus

